Der Einfluß des Sauerstoffs auf die Lichtwirkung bei der Keimung lichtempfindlicher Samen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Georg Wieser.

(Sonderabdruck aus „Planta", Bd. 4, Heft 4)

Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin
1927.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinem lieben Lehrer

Herrn Oberregierungsrat **Ernst Gaßmann**

in Dankbarkeit gewidmet.

Einleitung.

Untersuchungen über die Lichtwirkung auf die Keimung lichtempfindlicher Samen unter vermindertem Sauerstoffgehalt der Luft liegen bis jetzt noch nicht vor. Zwar berichtet GASSNER (5) über eine Wechselwirkung zwischen Licht und Sauerstoff bei der Keimung der Samen von *Chloris ciliata*. Bespelzte Chloris-Samen keimen im Dunkeln schlechter als im Licht, entspelzte Samen dagegen im Licht und Dunkeln gleich gut. Infolge erschwerten Sauerstoffzutritts ist das Licht bei bespelzten Samen zur Keimung nötig, kann aber infolge günstigerer Sauerstoffversorgung bei entspelzten Samen entbehrt werden. Diese Spelzenwirkung ließ sich auch durch Einlegen entspelzter Samen zwischen Filtrierpapier ersetzen, was sich besonders bei Anwendung höherer Sauerstofftensionen ergab.

Spezielle Versuche mit verminderter Sauerstoffpression unter Verwendung spelzenfreier Samenarten wurden aber von GASSNER nicht angestellt. Somit ist das Problem der Zusammenwirkung von Licht und Sauerstoff bei der Keimung lichtempfindlicher, spelzenfreier Samenarten noch offen. Die Aufgabe meiner Untersuchungen sollte deshalb sein, den Einfluß verminderter Sauerstoffpressionen auf die Lichtwirkung bei der Keimung solcher Samenarten zu studieren.

Da aus allen neueren keimungsphysiologischen Arbeiten hervorgeht, daß *Herkunft und Alter des Samenmaterials* ebenso wie die sorgfältigste *Einhaltung bestimmter äußerer Bedingungen* von größter Wichtigkeit sind für den Ausfall und die Beurteilung der Versuchsergebnisse, werden wir somit zunächst die nötigen Mitteilungen über Material und Methodik zu machen haben, und es wird vor Anstellung der bestimmtgerichteten Versuche zur Klärung des gestellten Problems für die verwendeten Samenarten eine Reihe methodischer Vorversuche auszuführen sein.

Material und Methodik.

1. *Das Saatgut.*

Zur Verwendung gelangten verschiedene Sorten von *Lythrum salicaria* und *Nicotiana tabacum*. Über Herkunft und Alter der Samen berichte ich jeweils bei Beschreibung der damit angestellten Versuche.

2. *Versuchsgefäße.*

Zu den Voruntersuchungen wurden Glasdoppelschalen (Petrischalen) von verschiedenen Ausmaßen (10, 4 und 1,5 cm Durchmesser) benutzt. Die Schalen von 1,5 cm Durchmesser und 2 cm Höhe standen zu je 8 in einem Holzklotz, der mit einem Dunkelsturz überdeckt werden konnte (Abb. 1).

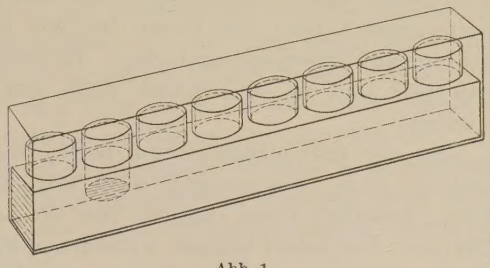

Abb. 1.

Zur Prüfung der Sauerstofffrage wurden in der Hauptsache die aus

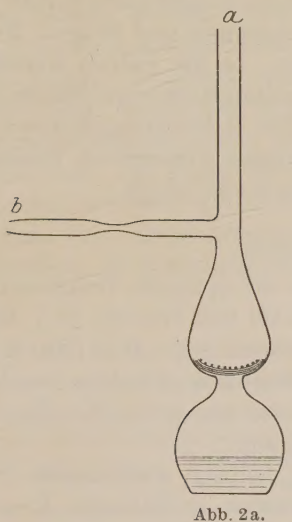

Abb. 2a.

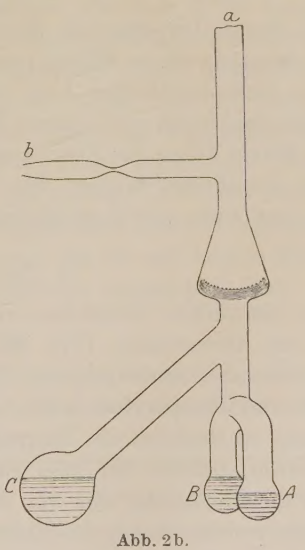

Abb. 2b.

Abb. 2a ersichtlichen Gefäße verwandt, welche Herr Professor Lehmann für diesen Zweck konstruiert hatte und mir zur Verfügung stellte. In den unteren Teil des Gefäßes wurde etwas abgekochtes destilliertes Wasser gebracht. Über der Einengung befanden sich auf vierfacher Filtrierpapierunterlage die Samen, welche ich vermittelst eines Trichters trocken durch das vertikale Rohr *a* einfüllte. Dieses sowohl, wie das

schon etwas ausgezogene, horizontale Glasrohr *b* wurden später abgeschmolzen. (Das Nähere hierüber ist auf Seite 531 ersichtlich.)

Für die Entfernung letzter Spuren von Sauerstoff durch chemische Mittel verwendete ich die Gefäße der Abb. 2b. In den Schenkel A wurde mittelst eines langen Trichters Kali- oder Natronlauge gebracht, in B Pyrogallol- bzw. Natriumhyposulfitlösung und in C abgekochtes, destilliertes Wasser. In diesen Gefäßen lagerten die Samen stets auf achtfacher Filtrierpapierunterlage. Es wurde besonders darauf geachtet, daß diese und die Gefäßwände nicht durch die Flüssigkeiten benetzt wurden.

Der von Luft erfüllte Raum betrug bei den Gefäßen 2a durch verschieden große Wasserzugabe stets 120 ccm, bei einigen kleineren Gefäßen derselben Form dagegen nur 60 ccm und bei den Gefäßen 2b 150 ccm. Vor jedem Versuch wurden sämtliche Gefäße mit destilliertem Wasser gründlich gereinigt. Sofern bei den Versuchen nichts bemerkt ist, gelangten in jedes Gefäß stets 100 Samen, die möglichst gleichmäßig auf der Unterlage verteilt wurden.

3. *Das Substrat.*

Als direkte Unterlage für die der Keimung ausgesetzten Samen wurde stets chemisch reines Filtrierpapier (Schleicher und Schüll Nr. 595) in vier- bzw. achtfacher Lage verwendet. In die kleinen Glasdoppelschalen brachte ich zur besseren Feuchthaltung noch etwas reinste sterilisierte Watte unter das Filtrierpapier. Zur Befeuchtung diente in allen Fällen destilliertes Wasser, das vom Tübinger Chemischen Institut bezogen und kurz vor Versuchsbeginn abgekocht wurde.

4. *Die Temperatur.*

Bei sämtlichen Versuchen kam stets die optimale Temperatur von 30° C zur Anwendung. [Vgl. dazu Rao (19) und Honing (9).] Mit den von Lehmann konstruierten Thermostaten [vgl. Rao (19) S. 251).] konnte die Temperatur auf $\pm$ $^1/_5$° C konstant gehalten werden, ja meistens schwankten die Temperaturen nur um $\pm$ $^1/_{10}$° C. Von diesen Apparaten standen mir zwei zur Verfügung.

In die Triebräder der von Köhler, Leipzig, stammenden Lutterpumpen wurden durch die Firma H. Strebel in Tübingen Kugellager eingebaut, und zur Dichtung Elfenbein bzw. Zinkbuxen verwendet. Der Gang der Pumpen wurde dadurch viel leichter, sie liefen ununterbrochen $^3/_4$ Jahr lang.

Bei Vorversuchen gelangten die Samen auch in verschieden temperierten Gewächshäusern und in Rodewaldschen Keimapparaten zur Keimung. [Siehe Lehmann (14) S. 493 und Grafe (7) mit Abbildung S. 27.]

5. *Einlegen der Samen, Quellung und Beginn der Lichtempfindlichkeit.*

Zunächst wurden die Samen bei allen Versuchen am Tageslicht ins Keimbett gebracht. Es zeigte sich dabei jedoch bei gewissen, besonders lichtempfindlichen Sorten, daß schon ganz kurze Zeit nach Berührung mit dem Wasser, also nach sehr kurzer Quellungsdauer, ein Lichteinfluß festgestellt werden konnte. Das gab Veranlassung, für jede Samensorte zu prüfen, nach welcher Quellungsdauer sie vom Licht beeinflußt wurde.

Zu diesem Zweck wurden die Samen im Dunkelzimmer eingelegt bei Ausschluß jeglichen Lichtes und dann auch bei *schwach* rotem oder blauem elektrischem Licht, dem ich die Samen aber nur ganz kurz aussetzte. Nach verschieden langer Quellungszeit im völlig abgedunkelten Thermostaten erfolgte dann Belichtung mit einer geringen, stets gleich großen Lichtmenge. Sobald diese höchste Wirkung ausübte, wurde die Quellung als beendet angesehen.

6. *Verdunkelung der Versuchsgefäße.*

Die Petrischalen gelangten sofort nachdem die Samen eingelegt waren, in lichtdichte Blechbüchsen, die erst am Ende jeder Versuchsreihe wieder geöffnet wurden. Alle Samen, die dem Licht ausgesetzt werden sollten, wurden in die kleinen Glasdoppelschalen eingelegt, die zu je 8 in einem Holzklotz standen, welcher mit einem Dunkelsturz aus Pappe schnell überdeckt werden konnte (siehe Abb. 1). Außerdem standen diese Holzklötze in einer dazu passenden Pappschachtel mit hohen Seitenwänden, deren Boden mit weichem, schwarzem Tuch ausgekleidet war. Die Pappe war allseitig mit schwarzem Papier überzogen.

Kontrollversuche in lichtundurchlässigen Blechbüchsen ergaben stets, daß diese Verdunkelungsmethode, ebenso, wie die auf andere Weise bewerkstelligte Abdunkelung des Thermostaten einwandfrei war.

7. *Das Licht.*

Als Lichtquellen wurden Osram-Nitralampen verwendet. Über ihren Abstand von den Versuchsgefäßen und die dabei erzielte Beleuchtungsstärke gibt die folgende Tabelle Auskunft.

Lampe Nr.	Watt	Volt	Beleuchtungsstärke in Hefner Kerzen (H. K.)	cm Abstand von den Versuchsgefäßen
1	200	225	200	103
2	100	110	200	106
2	100	110	50 rotes Licht	60 (bei gewisser Abblendung und roter Glasscheibe)
3	60	110	für 50, 25, 10 und 5 H. K. Beleuchtungsstärke	

Die erste Lampe wurde an das städtische Gleichstromnetz angeschlossen, das natürlich gewisse Spannungsunterschiede zeigte. In allen

Fällen aber, wo es auf eine konstante und stets gleich große Lichtmenge ankam, wurden die beiden übrigen Lampen herangezogen, die von der im Institut aufgestellten Akkumulatorenbatterie gespeist wurden.

Um Temperaturerhöhungen durch die Wäremestrahlung des Lichtes zu vermeiden, wurden Wasserkühler verwendet (vgl. Rao (19) S. 252).

Auch das Photometrieren geschah in derselben Weise wie früher im Tübinger Institut mit dem Weberschen Photometer. Photometriert wurde sehr häufig, bei Versuchen mit Anwendung genauer Lichtmengen stets am Anfang und Schluß jedes Versuchs.

Die Schwankungen bei Verwendung von Akkumulatorenstrom waren recht gering. So betrugen die Grenzwerte bei Lampe Nr. 2 z. B. 105 und 108 cm Entfernung für eine Beleuchtungsstärke von 200 H.K. Der Durchschnitt lag bei 106 cm. Diese Fehlerquelle durfte wohl bei dem relativ großen Abstand vernachlässigt werden und dürfte zum großen Teil durch die Ablesungen am Weberschen Photometer selbst bedingt sein. Bei Verwendung von Stadtstrom waren diese Schwankungen naturgemäß größer, doch wurde Stadtstrom nur herangezogen, wenn Licht im Überschuß zugeführt werden sollte.

Die dem Licht ausgesetzten Gefäße wurden immer auf einen möglichst kleinen Raum zusammengedrängt, damit die Unterschiede in der Beleuchtungsstärke innerhalb der Fehlergrenze blieben. Besonders geeignet erwiesen sich hierfür die kleinen Glasdoppelschalen in Holzklötzen, die gestatteten, 64×100 Samen auf einer quadratischen Fläche von nur 15 cm Seitenlänge zu belichten. Größere Belichtungsflächen als 30×30 cm wurden nie angewendet.

Bei Verwendung evakuierbarer Gefäße wurde stets Licht im Überschuß zugeführt, damit alle Samen mindestens die zu voller Keimung erforderliche Lichtmenge erhielten, da durch die Form der Gefäße eine teilweise Beschattung möglich war.

8. *Die Keimdauer.*

Um festzustellen, wie lange die Samen zu voller Auskeimung brauchten, wurden sie unter verschiedensten Bedingungen zur Keimung gebracht. (Versuche in Gewächshäusern bei verschiedenen und schwankenden Temperaturen mit und ohne Belichtung; und ebensolche in Thermostaten bei konstanten Temperaturen und elektrischem Licht.) Die Auszählung der bei Lichtzutritt keimenden Samen geschah bei diesen Versuchen täglich, die der Dunkelreihen *nur* am Ende jedes Versuchs.

9. *Entzug des Sauerstoffs.*

In die mit Wasser und Filtrierpapier versehenen Gefäße der Abb. 2a wurden im Dunkelzimmer bei schwachem blauen Licht mittelst eines Trichters je 100 Samen gebracht. Dann wurde das Filtrierpapier durch-

stoßen, damit beim späteren Evakuieren die Luft aus dem untern Teil der Gefäße leicht entweichen konnte. Nachdem das Vertikalrohr *a* an der Gebläselampe zu einer längeren Spitze ausgezogen und abgeschmolzen war, wurde das Gefäß mit dem horizontalen Rohr *b* an das Evakuierungssystem angeschlossen (s. Abb. 3).

Das Evakuieren des Gefäßes geschah mit einer Wasserstrahlpumpe (*P*) von Paul Böhme in Brünn. Zum Ablesen des Druckes diente ein

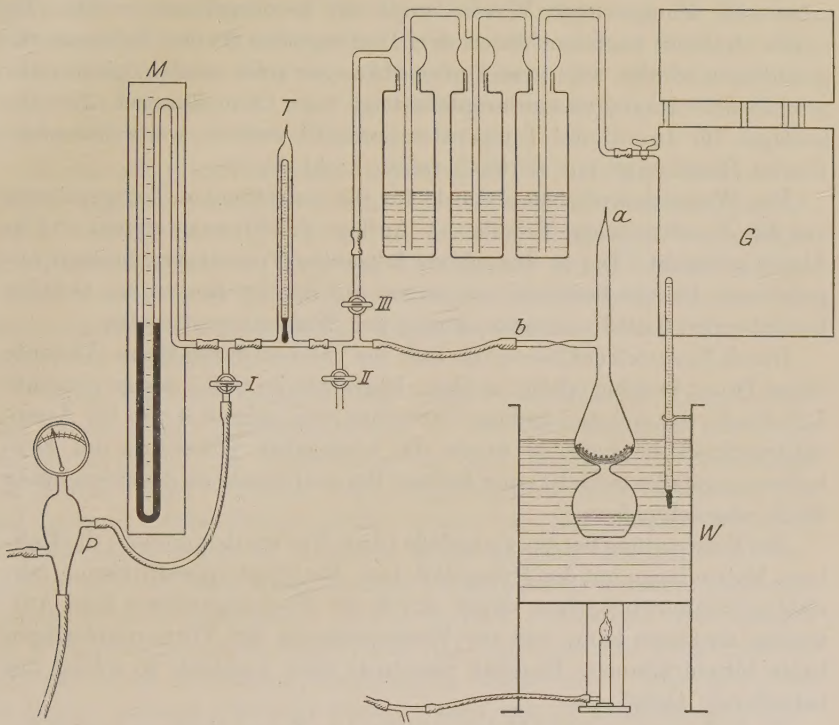

Abb. 3. Skizze des Evakuierungssystems.

offenes Manometer (*M*) und zum Vergleich mit dem jeweilig herrschenden Atmosphärendruck ein Stationsbarometer.

Die Glasröhren des Systems stießen dicht aneinander und wurden mit Vakuumschlauch abgedichtet. Die Glashähne wurden mit einer Mischung von Kolophonium und weißer Vaseline eingefettet mit dem Erfolg, daß das Manometer innerhalb 24 Stunden sich nicht änderte.

Zur Feststellung der Temperatur wurde ein, in eine Glasröhre eingeschmolzenes Thermometer (T) eingeschaltet, das zuvor wie sämtliche sonst benutzten Thermometer mit einem Normalthermometer verglichen worden war. Das Evakuieren erfolgte bei 30—31° C, was dadurch gelang, daß ich das Evakuierungsgefäß in ein Wasserbad von etwa 36° C

stellte. Wäre die Systemtemperatur niedriger gewesen, als die des Thermostaten, so hätte ja bei gleichbleibendem Druck durch die Temperaturerhöhung Sauerstoff aus dem zwar abgekochten, aber beim Erkalten doch wieder Sauerstoff aufnehmenden destillierten Wasser frei werden müssen.

Alle Gefäße wurden zunächst total ausgepumpt, wobei das Wasser infolge der Druckerniedrigung zum Sieden kam und durch die schnell arbeitende Pumpe auch Wasserdampf mit herausgerissen wurde. Es mußte deshalb, nachdem durch den Dreiweghahn (I) das Vakuum abgeschlossen worden war, immer noch etwas gewartet werden, bis der abgeschlossene Raum wasserdampfgesättigt war. Nun konnten die Ablesungen für Druck und Temperatur gemacht werden, wozu eine elektrische Handlampe mit schwach rotem Licht diente.

Die Wasserdampftension wurde für die betreffenden Temperaturen aus den Landoltschen Tabellen (4. Auflage S. 360) entnommen und in Abzug gebracht. Die in den später folgenden Versuchsergebnissen angegebenen Drucke beziehen sich immer auf den im Innern des Gefäßes herrschenden Luftdruck nach Abzug der Wasserdampftension.

Durch Nachströmenlassen von Luft ins Vakuum durch Hahn II konnte dieser Druck beliebig erhöht werden. Herrschte im Gefäß der gewünschte Luftdruck, der sich bei meinen Versuchen von nahezu 0 mm bis Atmosphärendruck bewegte, so wurde das horizontale Glasrohr *b* des Evakuierungsgefäßes mittelst einer kleinen Bunsenflamme an der eingeengten Stelle abgeschmolzen.

Bei Verwendung der Spezialgefäße (Abb. 2b) wurde nunmehr die Kali- bzw. Natronlauge mit der Pyrogallol- bzw. Natriumhyposulfitlösung vorsichtig zusammengegeben, damit durch die Mischungswärme kein Aufkochen zustande kam, was zur Verunreinigung der Filtrierpapierlagen hätte führen können. Geschah dies trotz aller Vorsicht, so schied das betreffende Gefäß aus.

Nach Hempel wurde 1 Volumteil 25 %iger Pyrogallollösung mit 6 Volumteilen 60 %iger Kalilauge gemischt, da bei diesen Mischungsverhältnissen kein Kohlenoxyd entstehen soll. Bei Verwendung von Natriumhyposulfit wurden von einer Lösung von 50 g in 250 ccm abgekochtem und wieder erkaltetem destillierten Wasser und einer solchen von 40 ccm Natronlauge (Zusammensetzung: 500 g Natriumhydroxyd in 700 ccm Wasser) entsprechend kleine Mengen gebraucht.

Um durch Lichtwirkung während des Evakuierens keine Fehlerquelle zu erhalten, wurden immer nur zwei und zwei Gefäße mit Samen beschickt, evakuiert und dann so lange in einen Dunkelschrank gestellt, bis die ganze Reihe evakuiert war. Bei schwächstem blauem Licht gelangten die Gefäße nunmehr in den Thermostaten. Verblieben sie hierin zur Dunkelkeimung, und ließ man nach einiger Zeit bei Abwesenheit von

Licht Sauerstoff zutreten, so ergaben sich keine höheren Keimprozente, wie bei gewöhnlicher Dunkelkeimung, woraus hervorgeht, daß die Samen während des Evakuierens nicht vom Licht beeinflußt worden waren, daß also die angewandte Methode einwandfrei war.

Die Belichtung erfolgte nach verschieden langer Quellungszeit im abgedunkelten Thermostaten. Am Ende der Belichtung wurden dann bei völliger Dunkelkeit die Spitzen der Gefäße abgebrochen, um dem Sauerstoff wieder Zutritt zu gewähren. Die Temperatur des Thermostaten sank dabei nur unbeträchtlich und wurde stets in kürzester Zeit wieder ausgeglichen. Das Auszählen der Keimungen geschah *nur* am Schluß der Versuche, und zwar bei *Lythrum salicaria* $2^1/_2$, bei *Nicotiana tabacum* 5 Tage nach dem Öffnen der Gefäße.

Es war nun noch besonders zu prüfen, ob die mit dieser Methode erzielten Ergebnisse lediglich durch Verminderung des Sauerstoffpartiärdrucks bedingt wurden, oder ob die mit dem Evakuieren verbundene Druckverminderung das Ergebnis beeinflußte. Deshalb wurde bei gewissen Versuchen die Differenz der verschiedenen Innendrucke mit dem Atmosphärendruck ausgeglichen durch Nachfüllung von reinem Stickstoff bzw. Wasserstoff.

Reinen Stickstoff stellte ich dar durch Erwärmen von Ammonnitrit und Waschen mit Kaliumdichromat in 10% Schwefelsäure, sowie mit Natriumhyposulfit in Natronlauge im oben angegebenen Mischungsverhältnis. Dieser Stickstoff wurde aufgefangen in einem Gasometer, das mit kochend heißem Wasser gefüllt worden war. Zur weiteren Befreiung von Sauerstoff wurde er nochmals in ein anderes Gasometer (*G*) umgefüllt, wobei mehrere Waschflaschen mit alkalischer Natriumhyposulfitlösung dazwischengeschaltet waren. Endlich wurden vor dem Eintritt ins Evakuierungssystem durch Hahn (III) nochmals drei Waschflaschen mit alkalischer Natriumhyposulfitlösung eingeschaltet. Nachdem diese zu Beginn dreimal evakuiert worden waren, mit jedesmaliger langsamer Stickstoffnachfüllung, enthielt der Stickstoff kaum noch Spuren von Sauerstoff, wie die von Binder und Weinland (1) ausgearbeitete „scharfe Reaktion auf elementaren Sauerstoff" ergab.

Auch Wasserstoff wurde unter ähnlichen Vorsichtsmaßnahmen aus reinem Zink und reiner Salzsäure im Kippschen Apparat hergestellt und gewaschen mit Kaliumpermanganat und alkalischer Natriumhyposulfitlösung. Explosionen traten beim Abschmelzen nicht auf.

Versuche.

Sämtliche Versuche, deren Ergebnisse im Folgenden mitgeteilt werden, habe ich zum besseren Vergleich in Tabellen zusammengestellt und durchlaufend numeriert. Eine größere Anzahl von Versuchen wurde aus

Gründen der Raumersparnis nicht zahlenmäßig wiedergegeben, sondern nur im Text mit den hauptsächlichsten Ergebnissen erwähnt. Insgesamt kamen über eine halbe Million Samen zur Verwendung.

A. Versuche mit Lythrum salicaria.

I. Methodische Voruntersuchungen.

1. *Vorgeschichte und Saatgut.*

Die hohe Lichtempfindlichkeit der Samen von *Lythrum salicaria* hat Lehmann 1918 festgestellt (16). In der Folgezeit hat er mit seinen Schülern Fassbender (3) und Rao (19) eingehende Untersuchungen damit durchgeführt, besonders über die Wirkungen von Temperatur, genau abgemessenen Lichtmengen und den Einfluß von Säuren. Fassbender (3) fand weiterhin, daß verschiedene Sorten von *Lythrum salicaria* recht verschieden lichtempfindlich waren, was in den folgenden Versuchen in erheblich erweitertem Maße bestätigt werden konnte. Es war daher dringend geboten, für sämtliche Versuche mehrere Samensorten zu verwenden, zwecks Feststellung des typischen Verhaltens.

Die verwendeten Samensorten habe ich in Tabelle 1 zusammengestellt. Sie wurden dem Alter nach mit großen Buchstaben bezeichnet (A—H). In einigen Fällen wurde noch ein kleiner Buchstabe beigefügt zur Unterscheidung der am gleichen Ort gereiften und gleichzeitig geernteten, aber zu verschiedener Zeit aus den Kapseln ausgefallenen Samen. Sämtliche Samen stammen aus dem Botanischen Garten in Tübingen. und zwar wurde die älteste Sorte im Oktober 1920, die jüngste im Oktober 1925 geerntet.

Tabelle 1: *Verzeichnis der Samensorten von Lythrum salicaria.*

Nr.	Geerntet am	Standort im Botan. Garten	Bezeichnung
1	21. X. 20	—	A
2	27. IX. 21	—	B
3	3. IX. 23	—	C
4	11. X. 23	Aquarium	D
5	12. X. 23	Versuchsfeld	E
6	Okt. 23	System	F
7	13. X. 24	—	G
8	5. XIX. 25	System, sonnig, erste reife Kapseln	H
9	25. X. 25	Aquarium	I
10	25. X. 25	Versuchsfeld, Schatten	K
11	21. X. 25	Gleicher Standort wie bei H.	Ha — Hf.

2. *Ermittlung der Höchstkeimprozente.*

Um die Keimfähigkeit der einzelnen Samensorten festzustellen, setzte ich zahlreiche Versuche an. Die an verschiedenen Orten mit wechselnden und konstanten Temperaturen bei Dauerbelichtung und

Wechsel von Tag und Nacht 7 Tage lang gekeimten Samensorten erreichten alle durchschnitllich 84—100% und konnten somit sämtlich verwendet werden.

3. Ermittlung der Keimdauer.

Bei den Versuchen zur Ermittlung des Höchstkeimprozents wurden die Keimungen erst am Ende des 7. Versuchstags ausgezählt. Um zu erfahren, wann die einzelnen Sorten ihre Höchstkeimprozente erreichten, setzte ich im Rodewaldschen Apparat bei etwa 30° C und Dauerbelichtung mit etwa 120 H.K. weitere Versuche an, deren Ergebnisse in 22stündigen Intervallen vom Versuchsbeginn an festgestellt wurden. Einer dieser Versuche sei in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2. *Ermittlung der Keimdauer.* (Versuch Nr. 1 vom 24. II. 26.)

Keimungen nach Versuchstagen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	Ha	Hb	Hc	Hd	He	Hf
1	0	0	17	9	47	44	72	54	87	78	88	85	70	60	68	61
2	34	79	61	71	40	41	25	31	13	15	12	15	21	39	25	24
3	18	12	12	3	3	3	3	2	0	2	0	0	1	0	3	3
4	4	2	3	2	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	1	2
Insgesamt . . .	56	93	93	85	90	90	100	93	100	95	100	100	92	99	97	90

Aus den Versuchen in dieser Richtung geht hervor, daß mit Ausnahme der beiden ältesten Sorten A und B die Höchstkeimprozente schon am Ende des zweiten Versuchstages ziemlich erreicht waren. Die Sorten A und B, hauptsächlich aber A, haben eine wesentlich geringere Keimungsenergie, was wohl mit dem höheren Alter dieser Sorten zusammenhängen dürfte. Nach viertägiger Versuchsdauer sind alle Sorten mit Ausnahme von A mit den Höchstwerten ausgekeimt. Bei weiterer Verlängerung der Keimzeit vermag indessen auch A zu durchschnitltlich 84% zu keimen, wie ich schon weiter oben erwähnte.

Da es bei den sehr kleinen Samen, von denen bei Sorte D 100 lufttrockene Samen beispielsweise nur 0,0058 g wiegen, recht schwierig ist, genau das Stadium zu erkennen, wo die Radikula eben die Samenschale durchbricht, wurden bei den folgenden Versuchen die Samen vom Ende der Belichtung ab noch $2^1/_2$ Tage im Dunkeln belassen, wobei die Keimlinge eine Größe von etwa 1 cm erreichten und sich leicht und sicher auszählen ließen.

4. Wann werden die Samen lichtempfindlich?

Wie ich bereits unter Methodik berichtete, erwiesen sich einige Samensorten schon nach sehr kurzer Quellungszeit lichtempfindlich. Diese Tatsache ergab sich mir aus dem Vergleich der Ergebnisse der Versuche Nr. 2 und 3 in Tabelle 3.

Tabelle 3. *Lichtwirkung nach kurzen Quellungszeiten.*

Versuch 2 vom 10. X. 25. Samen bei Tageslicht eingelegt. *Düsteres* Wetter. Einlegedauer etwa 45 Minuten. Zimmertemperatur etwa 17° C. Versuchsdauer 4 Tage.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0	0	3	0	5	4	16	7	1	61
0	0	1	0	0	2	22	7	3	62
2	0	2	0	3	0	21	4	3	69
0	0	4	0	2	0	13	7	3	59
0,5	0,0	2,5	0,0	2,5	1,5	18	6,3	2,5	62,75

Versuch 3 vom 26. X. 25. Samen bei Tageslicht eingelegt. *Sonniges* Wetter. Sonst alles wie bei Versuch 2.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1	2	10	1	6	3	29	22	6	62
0	0	4	0	5	4	25	18	8	70
0	0	3	1	8	2	35	14	11	69
0	0	2	0	10	1	31	15	7	5
0,25	0,5	4,75	0,5	7,25	2,5	30	17,25	7,5	65

Versuch 4 vom 4. I. 26. Samen im Dunkelzimmer eingelegt bei völliger Dunkelheit. Versuchsdauer 4 Tage. Dunkelkeimung.

C	E	G	H	J	K
2	4	15	15	2	60
4	5	20	16	6	51
1	3	27	16	4	56
7	2	16	8	5	58
3,5	3,5	19,5	11,25	4,25	56,25

Versuch 5 vom 19. XII. 25. Samen beim Einlegen längere Zeit dem zerstreuten Tageslicht ausgesetzt, Zimmertemperatur etwa 17° C. Versuchsdauer 4 Tage.

Stunden Belichtung	Samensorten							
	D		E		H		J	
0	0	0	4	7	15	18	4	3
0,5	0	0	2	7	19	23	6	10
1	0	0	7	7	28	30	14	15
1,5	0	1	10	10	26	28	8	12
2	0	0	14	7	22	28	21	23
3	1	1	12	18	31	36	15	25

In den Versuchen 2 und 3 wurden die Samen bei Zimmertemperatur von etwa 17° C und Tageslicht ins Keimbett gebracht, und zwar in Versuch 2 an einem Regentag, in Versuch 3 bei Sonnenschein. Bei sonst völlig gleichen Versuchsverhältnissen ergaben in Versuch 3 die Sorten G, H und J, auch C und E nach viertägiger Dunkelkeimung im Thermostaten bei 30° C höhere Keimprozente wie in Versuch 2. Diese Steigerung der Keimprozente, die bei G annähernd 100% betrug, konnte nur durch die Belichtung während des Einlegens der Samen bewirkt worden sein, wozu etwa 45 Minuten gebraucht wurden.

Diese höheren Keimungen in Versuch 3 zeigen sich auch recht deutlich beim Vergleich mit dem später ausgeführten Versuch 4 derselben Tabelle, bei welchem die Samen im Dunkelzimmer bei völliger Dunkelheit eingelegt wurden. Das beim Ansetzen von Versuch 2 herrschende, düstere Wetter hat keinen Einfluß ausgeübt, wie sich aus dem Vergleich mit Versuch 4 ergibt.

Um über die Beeinflussung lufttrockener, auf feuchtes Filtrierpapier gelegter Samen durch Tageslicht bei Zimmertemperatur von 17° C Näheres

zu erfahren, ließ ich in Versuch 5 derselben Tabelle diffuses Tageslicht, das im Dezember natürlich relativ schwach war, verschieden lange auf die 2 Meter vom Fenster entfernten Samen einwirken. Schon 30 Minuten nach Quellungsbeginn erlitt die Sorte H eine gewisse Beeinflussung durch das Licht, bei dreistündiger Quellung eine Erhöhung der Keimprozente um 100%. Auch bei den Sorten E und J steigt das Keimprozent an, während die Sorte D noch nicht beeinflußt wird.

Diese *weitgehende Verschiedenheit im Beginn der Lichtempfindlichkeit der Samen*, die mit ihrer Wasseraufnahme und mit der dabei herrschenden Temperatur sicherlich aufs engste verknüpft sein dürfte, ließ es wünschenswert erscheinen, hierüber noch einige genauere Versuche anzustellen. Dazu war natürlich eine stets genau gleich starke Lichtquelle erforderlich, weshalb ich für sämtliche Versuche der Tabelle 4 eine Beleuchtungsstärke von 200 H.K. verwendete und die betreffende Lampe an die Akkumulatorenbatterie des Instituts anschloß.

Die Samen wurden bei schwachem, blauem Licht im Dunkelzimmer in die kleinen Glasdoppelschalen eingelegt, wobei sie dem Licht aber nur so lange ausgesetzt wurden, bis die 8 in einem Holzklotz stehenden Gefäße mit Samen beschickt worden waren und mit dem Pappdunkelsturz bedeckt werden konnten. Waren alle 80 Gefäße mit Samen versehen, wozu etwa 30 Minuten gebraucht wurden, so gelangten sie in den Thermostaten und wurden teils sofort, teils erst nach verschieden langen Quellungszeiten belichtet. Die Einlegedauer von 30 Minuten ist in den, in den Tabellen verzeichneten Quellungszeiten nicht inbegriffen. Die Belichtungszeit betrug bei einem Versuch 1 Stunde, bei den übrigen nur 15 Minuten.

Um Raum zu sparen, gebe ich der nun folgenden Tabelle 4 für die am besten untersuchten Sorten D, E, H und J nur die Durchschnittswerte bekannt und für die übrigen Sorten einen Einzelversuch.

Aus der Durchschnittstabelle ersehen wir, daß die Sorten E, H und J schon auf eine 15 Minuten lange Belichtung nach der 30 Minuten langen Einlegedauer (also bei 0 Stunden Vorquellung, da die Einlegedauer ja nicht mitberechnet wurde) höhere Keimprozente ergeben, wie bei Dunkelkeimung in Versuch 4 der Tabelle 3. So keimt E im Licht zu 11,5%, H zu 19%, J zu 10,25% gegenüber der Keimung im Dunkeln von 3,5% für E, 11,25% für H und 4,25% für J. Die Wirkung der stets genau gleichen Lichtmenge steigt mit der Quellungszeit, bis sie etwa bei 12stündiger Quellung ihr Maximum annähernd erreicht hat. Die Sorte D beginnt erst nach 12stündiger Quellung etwas empfindlicher zu werden und scheint bedeutend lichtbedürftiger zu sein, wie die Sorten E, H und J, da sie selbst nach 48stündiger Quellung auf eine 15 Minuten lange Belichtung mit 200 H.K. hin nur zu 4,5% zu keimen vermag. Daß der Lichtmangel daran schuld ist, ging aus einem Versuch hervor, bei dem

Tabelle 4. *Quellung der verschiedenen Samensorten und Lichtempfindlichkeit.* Durchschnittswerte aus 4 Versuchen.

Stunden Vorquellung	Samensorten			
	D	E	H	J
0	0,25	11,5	19	10,25
0,5	0	16	24	14
1	0	15,3	27,7	14,2
2	0	16,2	32,5	23,5
3	0,7	16,2	38,5	31
4	0,5	18,7	38,5	38
5	1,2	25,5	48,5	43
6	1,5	31	46	44
8	0,7	37,5	50	46
10	1	45	52	47
12	2,5	53	59	53,5
18	4	55	65,5	55,5
24	2,8	58,5	64,5	54,25
30	4	59,5	66,5	55,5

Versuch 6 vom 17. II. 26. Belichtung mit 15 Min. $\times$ 200 H. K.

Stunden Vorquellung	Samensorten							
	A		B		D		F	
1	5	5	3	2	0	0	11	12
4	6	5	6	9	1	1	19	23
8	5	5	6	6	1	2	22	18
12	10	6	8	7	5	3	24	26
24	14	13	18	20	0	2	39	35
28	18	19	22	24	4	3	38	42
32	18	25	19	25	2	4	41	43
36	28	29	31	26	2	5	42	46
48	36	42	35	30	5	4	46	43
Dunkelkeimung	1	1	1	2	0	0	4	2

die Samen je *eine Stunde* lang mit 200 H.K. belichtet wurden, wobei die Sorte D ebenfalls schon auf die 30 Minuten lange Einlegedauer hin zu reagieren vermochte und nach 9stündiger Vorquellung beispielsweise zu 7,5% auskeimte. Auch die Sorten E, H und J reagierten dabei schon von Anfang an weit stärker, als bei Anwendung einer viermal kleineren Lichtmenge.

Wie aus Versuch 6 hervorgeht, steigt bei den ältesten Sorten A und B die Lichtwirkung mit der Quellungsdauer bis zu 48 Stunden; die Sorte F zeigt maximale Lichtwirkung bei etwa 30 Stunden Quellungsdauer, doch ist die Steigerung der Lichtwirkung bei einer mehr als 24stündigen Quellung recht gering.

Um die mit Verlängerung der Quellungsdauer steigende Lichtwirkung besser zu veranschaulichen, habe ich die Durchschnittswerte aus vier Versuchen in der folgenden Abb. 4 graphisch dargestellt.

Abgesehen von den kleineren Unregelmäßigkeiten, die sich bei Ausführung weiterer Versuche sicherlich ausgeglichen hätten, zeigen alle drei Kurven deutlich die mit der Quellungszeit sich steigernde Lichtwirkung.

5. *Dunkelkeimung der verschiedenen Samensorten.*

Trotz aller Vorsicht beim Einlegen der Samen kamen bei allen Sorten mit alleiniger Ausnahme der D-Sorte immer noch Keimungen im Dunkeln zustande, und zwar bei einzelnen Sorten in bedeutender Höhe. Diese Wahrnehmung sollte nun genau untersucht werden. Die Samen gelangten stets in der Dunkelkammer bei *schwach* rotem oder blauem

Licht in die Petrischalen, die so schnell als möglich in lichtdichte Blechbüchsen gebracht wurden. Die Versuchsdauer betrug vier Tage, nachdem durch Vorversuche festgestellt worden war, daß auch eine längere Dunkelkeimung keine höheren Keimprozente ergab. In Tabelle 5 gebe ich einige Versuche und das Durchschnittsergebnis aus sechs Versuchen wieder.

Vergleichen wir die in Tabelle 5 zusammengestellten Versuche 7—10 mit Versuch 4 in Tabelle 3, bei welchem die Samen bei völliger Dunkelheit eingelegt wurden, so finden wir eine so weitgehende Übereinstimmung der Keimungsergebnisse, daß die zustandegekommenen Keimungen nicht mehr auf Lichtbeeinflussung beim Einlegen der Samen

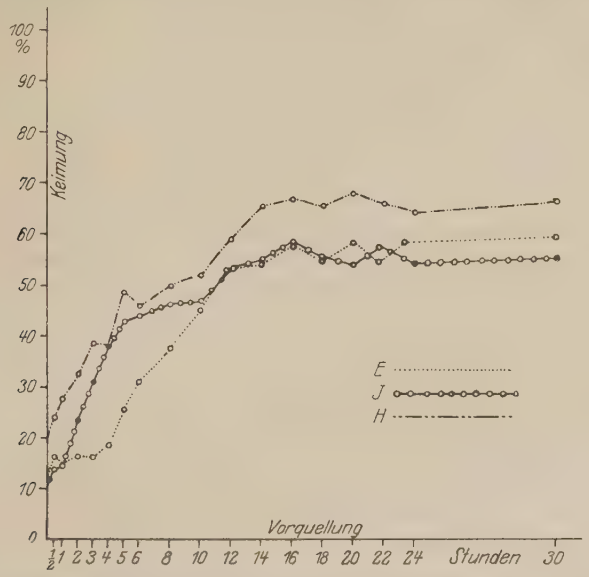

Abb. 4. Einfluß gleicher Belichtungszeiten bei einer Beleuchtungsstärke von 200 H. K. auf verschieden lange vorgequollene Samen.

zurückgeführt werden können, sondern sicherlich in den Samen selbst schon irgendwie bedingt gewesen sein müssen.

Beim Vergleich der einzelnen Samensorten untereinander erweist sich die D-Sorte annähernd unfähig, im Dunkeln zu keimen (0,1%), während K zu durchschnittlich 47,8% zu keimen imstande ist. Die Samensorten vom Jahr 1923 und früher (A—F) keimen kaum im Dunkeln, während die Samensorten vom Jahr 1924 und 1925 zu 12,1 bis 20,9% zu keimen vermögen, ausgenommen die Sorte J mit durchschnittlich nur 2,83%.

Dieses besonders auffällige Verhalten von J dürfte wohl von Standorts- und Ernährungsbedingungen der Mutterpflanzen abhängen, zumal die am selben Orte und aus gleichem Samenmaterial erwachsenen

D-Samen ebenso große Unfähigkeit zur Keimung im Dunkeln zeigten. Um erbliche Eigenschaften dürfte es sich wohl deshalb nicht handeln, weil die an einem feuchten und sehr schattigen Platz gereiften K-Samen gegenüber den an trockenem und sonnigem Standort herangewachsenen Samensorten Ha—Hf, die alle vom gleichen Samenmaterial wie die K-Samen herstammten, eine mehr als doppelt so hohe Dunkelkeimfähigkeit aufwiesen.

Tabelle 5. *Dunkelkeimung verschiedener Samensorten von Lythrum salicaria.*

Versuchs-Nummer und Datum	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	Ha	Hb	Hc	Hd	He	Hf
Versuch 8 vom 6. 11. 25	1	0	3	0	2	1	22	13								
	1	2	3	0	4	1	20	15								
Versuch 8 vom 4. 12. 25	2	3	4	0	8	3	17	16	1	42	15	12	21	12	12	16
	2	2	5	0	2	1	18	10	4	36	22	14	16	17	14	18
	4	3	7	0	6	1	15	5	2	38	17	10				
	1	0	2	0	4	3	16	9	1	44						
Versuch 9 vom 10. 12. 25								15	7	57	24	17	27	20	24	19
								15	6	45	21	17	16	18	18	25
								19	1	54	24	27	22	20	26	23
								12	6	64	23	19	15	28	18	25
Versuch 10 vom 3. 2. 26	0	0	5	1	2	1	29	10	2	51	18	14	16	15	15	13
	1	0	3	0	1	1	29	11	3	47	20	20	17	14	15	17
	3	1	1	0	3	2	18	9	1	46	19	16	20	16	18	17
	2	3	2	0	3	1	25	11	0	50	21	17	13	19	17	13
Durchschnittswerte aus 6 Versuchen.																
Durchschnitt .	1,7	1,4	3,5	0,1	3,5	1,5	20,9	12,1	2,83	47,8	20,3	16,6	18,3	17,9	17,7	18,6

Im übrigen scheint sich die Fähigkeit zur Dunkelkeimung mit zunehmendem Alter zu verringern. Die geringen Reifungsunterschiede der Sorten Ha—Hf haben auf die Dunkelkeimung keinen Einfluß. Eine spezielle Untersuchung der Dunkelkeimungsfähigkeit verschiedener Samensorten in bezug auf den Einfluß erblicher oder äußerer Momente bleibt noch zu erbringen.

6. *Wirkung verschiedener Belichtungszeiten und Änderung der Lichtempfindlichkeit der Samen.*

Nachdem Quellungsdauer und Dunkelkeimungsvermögen der verschiedenen Samensorten überprüft worden waren, galt es weiterhin festzustellen, welche Belichtungszeit bei der gleichbleibenden Beleuchtungsstärke von 200 H.K. für dieselben zur Erreichung von Höchstkeimprozenten erforderlich war.

Die Vorquellungsdauer betrug bei sämtlichen Versuchen dieser Art 24 Stunden und die Dauer der Nachkeimung im Dunkeln, vom Ende der längsten Belichtung an gerechnet, $2^1/_2$ Tage. An Gefäßen wurden hierzu ausschließlich die kleinen Glasdoppelschalen verwendet, die reihenweise schnell und sicher verdunkelt werden konnten, wobei die Verschlußfenster des Thermostaten nur momentan etwas gehoben zu werden brauchten, so daß sich die Temperatur kaum änderte. Neben zahlreichen Dunkelkontrollversuchen wählte ich bei fünf Versuchen des Jahres 1925 Belichtungszeiten von 2, 4, 6, 8, 10 und 12 Stunden.

Dabei zeigten sich bei gleichen Versuchsanordnungen in den mit größeren Zeitabständen aufeinander folgenden Versuchen bei allen Samensorten immer höhere Keimprozente. *Die Lichtempfindlichkeit der Samen mußte sich also seit Beginn der Versuche gesteigert haben!* Vielleicht dürfte dies mit der Aufbewahrung der Samen in einem andern Zimmer mit höherem Feuchtigkeitsgehalt zusammenhängen. Man könnte jedoch ebensogut an eine natürliche jährliche Periodizität denken. Versuche in dieser Richtung wurden nicht angestellt.

Diese zum Teil recht beträchtliche Steigerung der Lichtwirkung habe ich für die Samensorten B, D, F und E in Abb. 5 graphisch dargestellt. Am schönsten ist sie aus dem Verhalten der Sorte D ersichtlich, dann auch aus demjenigen von B und F. Wenn sich bei B und F kleine Unregelmäßigkeiten zeigen, so ist zu bedenken, daß die Werte nur auf je zweimal 100 Samen beruhen. Auch die hochempfindliche Sorte E zeigt in den durch 2stündige Belichtung ausgelösten Keimungen sehr deutlich eine Erhöhung der Lichtwirkung in den später angestellten Versuchen.

Die durch 2stündige Belichtung ausgelösten, bei manchen Sorten wie z. B. der eben erwähnten Sorte E beträchtlich hohen Keimungen veranlaßten mich, im Jahre 1926 noch drei weitere Versuche anzustellen über den Einfluß kürzerer Belichtungen. Ich beschränke mich darauf, in der folgenden Tabelle 6 nur die aus fünf Versuchen des Jahres 1925 und den drei eben erwähnten Versuchen ermittelten Durchschnittswerte mitzuteilen, neben zwei weiteren Versuchen über kürzeste Belichtungszeiten.

Aus der Tabelle der Durchschnittswerte ersehen wir, daß bei allen Samensorten die Lichtwirkung mit der Länge der Belichtungszeit ansteigt bis zu einem Maximum, das einzelne Sorten wie z. B. Ha schon nach 15 Minuten Belichtung mit 200 H.K. erreichen, während bei anderen 12 und mehr Stunden bei gleicher Beleuchtungsstärke dazu erforderlich sind. Das Lichtbedürfnis der einzelnen Sorten ist also ein recht verschiedenes, und zwar ist es bei den jüngeren Sorten äußerst gering, während es mit zunehmendem Samenalter größer wird. Die gleichaltrigen Samensorten verhalten sich diesbezüglich wieder verschieden, woran wohl Standorts- und Reifeerscheinungen schuld sein mögen.

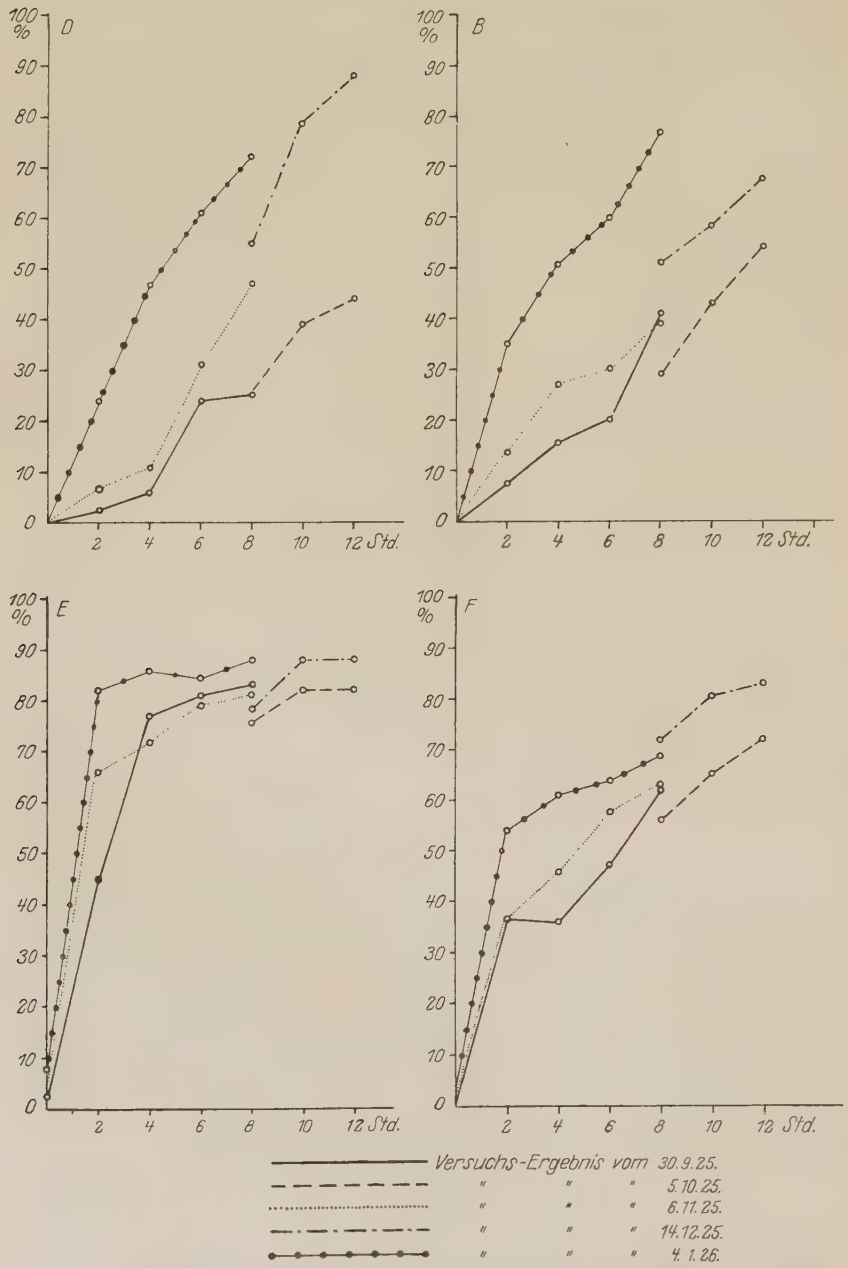

Abb. 5. Steigerung der Lichtwirkung in Wiederholungsversuchen nach größeren Zeitintervallen bei gleichen Belichtungszeiten und einer Beleuchtungsstärke von 200 H. K.

Tabelle 6. *Einwirkung verschiedener Belichtungszeiten bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke von 200 H.K. auf gut vorgequollene Samen.* Durchschnittswerte aus 8 Versuchen mit je 8000 Samen.

Stunden Beleuchtung	A	B	C	D	E	F	G	H	J	Ha
0	0,33	0,55	3	0	3	2	22,9	10	2	26
1/60	11	12	53,5	2	54	34,5	54	66	27	82
5/10	16,5	19	56,5	1,5	57	35	60	64	46	91
1/4	11,5	17,5	53	5	57,5	36	58	64,5	53	92
1/2	13	21	63	3,5	66	35,5	63	63	53,5	99
1	17	23,5	66,5	5	69	42	64	69	59	94
2	16,7	18,7	61	8,7	66,8	44,7	61,8	72,7	71,3	95
4	20	28,5	64	16	77,5	48	73,6	78,5	84	96
6	24,3	36,5	71	34,3	82,5	58	79,2	85,5	90,3	98
8	28,3	46,1	75,8	44,5	81,2	64,3	83	87,4	94	97
10	32,5	50,5	76,5	58,7	85	73	91,2	92,5	95,5	—
12	39,6	64	83	65	86,6	76,4	93	91,2	94,2	—

Versuch 11 vom 9. 3. 26. Wirkung kurzer Belichtungszeiten mit 200 H. K.

Sekunden Beleuchtung	C	E	F	G	H	J	Ha	Hb
1	42	48	19	57	55	18	79	70
5	46	47	27	62	63	26	83	78
15	45	51	28	68	63	28	86	82
30	54	55	27	70	66	36	81	83
60	56	56	31	67	68	41	84	85

Versuch 12 vom 17.IV.26. Wirkung kurzer Belichtungszeiten bei niedrigen Intensitäten.

Lichtmengen in Sek. H.K.	Beleuchtungsstärke in H.K.	Sekunden Beleuchtung	E		F		J		Ha	
5	5	1	22	19	6	7	2	1	50	43
25		5	32	29	6	9	1	0	47	48
10	10	1	25	26	8	7	1	1	51	49
50		5	27	25	14	7	3	1	46	56
25	25	1	25	32	6	8	1	3	52	50
50		2	32	26	9	15	0	1	44	48
50	50	1	24	27	9	16	2	2	46	46
3000		60	36	29	11	12	2	7	62	58
Bei gleichzeitiger		1	3	0	2	1	0	15	18	
Dunkelkeimung		2	5	1	0	1	0	12	16	

Da die Versuche mit einstündiger und kürzerer Belichtungsdauer sämtlich erst zur Zeit der gesteigerten Lichtempfindlichkeit ausgeführt wurden, sind die durch einstündige Belichtung ausgelösten Keimungen im Durchschnitt manchmal ebenso groß oder sogar noch etwas größer, als die früher durch zweistündige Belichtung erreichten. Trotzdem wollte ich nicht auf die graphische Darstellung dieser Durchschnittswerte verzichten, wenn auch einzelne Kurven dadurch bei 2stündiger Belichtung einen Knick nach unten erhielten. Im übrigen zeigt die nun folgende Abb. 6 die Wirkung verschieden langer Belichtungszeiten bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke recht anschaulich.

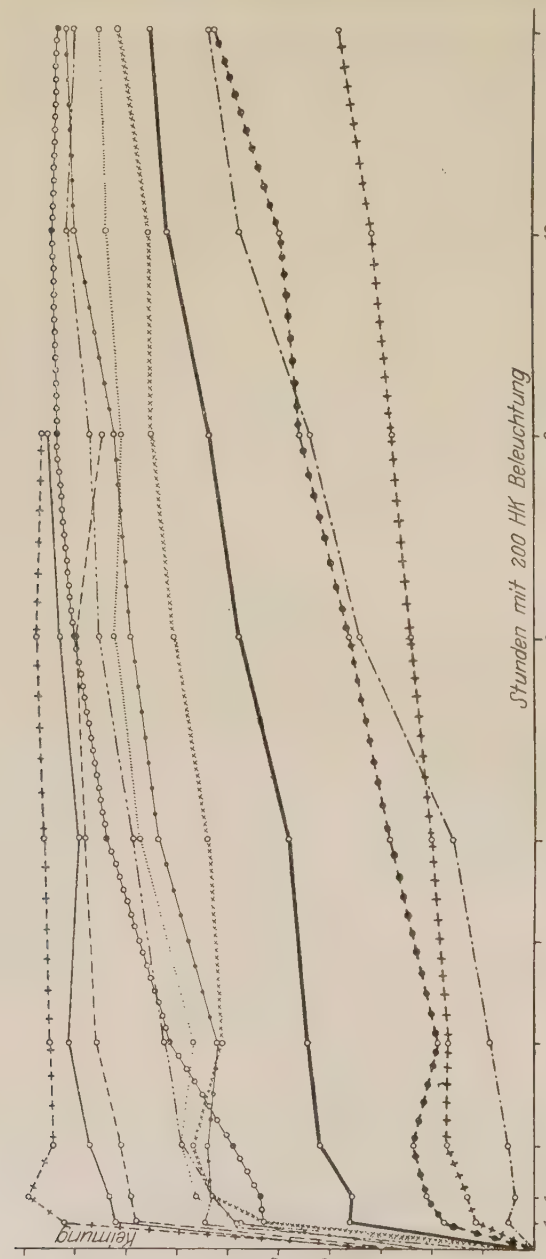

Abb. 6. Wirkung verschieden langer Belichtungszeiten von 200 H. K. Beleuchtungsstärke auf gut vorgequollene Samen.

Besonders auffällig ist der rasche Anstieg der Kurven, der bei den jüngsten Sorten am ausgeprägtesten ist und schon durch 15 Minuten lange Belichtung ausgelöst werden kann. Der weitere Zuwachs erfolgt ganz langsam unter dem Einfluß von recht erheblichen Lichtmengen. Kleinere Schwankungen dürften bedingt sein durch die schon oben erwähnte Nichtberücksichtigung der Steigerung der Lichtempfindlichkeit und durch die ungleiche Zahl von Versuchen für die einzelnen Belichtungszeiten. Die Sorte D wird zunächst weniger durch Licht gefördert wie die ältesten Sorten A und B, jedoch überholt sie diese später.

Es erschien nun interessant, festzustellen, ob bei Verwendung von nur sekundenlangen Belichtungen der Steilanstieg der Kurven gemildert

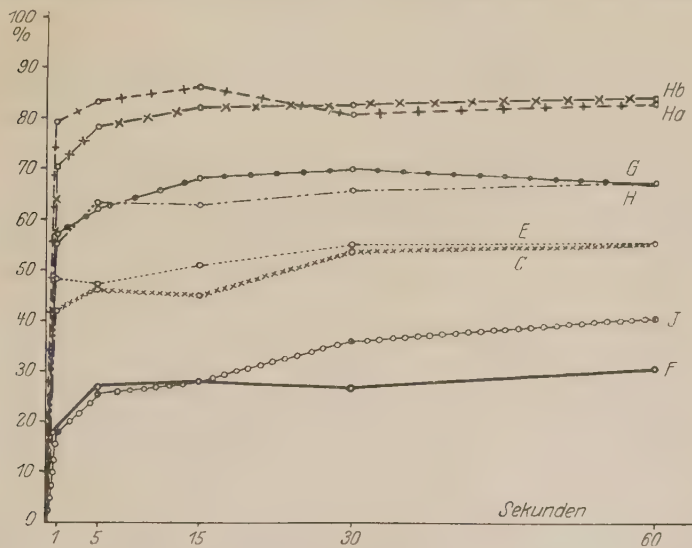

Abb. 7. Wirkung verschiedener Belichtungszeiten von 1—60 Sekunden bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke von 200 H. K.

werde. Deshalb wurde Versuch 11 in Tabelle 6 angesetzt und seine Ergebnisse in der Abb. 7 graphisch dargestellt.

Aus Versuch 11 und Abb. 7 ergibt sich, daß bei Verminderung der Belichtungszeit auf 1 Sekunde die Keimprozente aller Sorten etwas fallen, wesentlich aber nur bei F und besonders bei J. Die jüngsten Sorten Ha und Hb vermögen jedoch selbst bei sekundenlanger Belichtung noch zu 70—80% zu keimen gegenüber etwa 20% bei Dunkelkeimung!

Diese hohe Lichtempfindlichkeit gab nun weiter Anlaß zur Prüfung des Einflusses kurzer Belichtungen mit niedrigen Beleuchtungsstärken von 5, 10, 25 und 50 H.K. Aus diesem Versuch 12 in Tabelle 6 ging hervor, daß schon bei einer sekundenlangen Belichtung mit 5 H.K. die Sorten E, F und Ha höhere Keimprozente ergaben, wie bei Dunkel-

keimung. Während ich im Dunkeln für E = 2,75%, F = 0,75% und Ha = 15,25% erhielt, bewirkte 1 Sekunde Belichtung mit 5 H.K. unter sonst völlig gleichen Versuchsverhältnissen die folgenden Keimprozente: E = 20,5%, F = 6,5% und Ha = 46,5%. Die Sorte J dagegen reagierte auf diese schwache Belichtung noch nicht und erinnert damit wiederum an das ähnliche Verhalten der Sorte D bei einer Beleuchtungsstärke von 200 H.K.

Bei gleich langen Belichtungszeiten nehmen die Keimprozente mit steigenden Beleuchtungsstärken zu und wir erhalten z. B. bei 1 Sekunde Belichtung mit 50 H.K. bei E = 25,5% und F = 12,5%. Die Sorte J reagiert auf diese Belichtung noch kaum, vermag jedoch bei 1 Sekunde und 200 H.K. zu 18% zu keimen (Versuch 11).

Die verschiedenen *Lythrum*-Sorten verhalten sich demnach in bezug auf die angewandten Beleuchtungsstärken ganz ähnlich wie gegen die Belichtungsdauer.

Allgemeines Keimungsverhalten von Lythrum salicaria.

1. Sämtliche 12 verwendeten *Lythrum*-Sorten vermögen bei 30° C und genügender Belichtung innerhalb von 3—4 Tagen zu 84—100% auszukeimen. Mit zunehmendem Samenalter nimmt die Keimungsenergie ab.

2. Ein gewisser Prozentsatz jeder Samensorte (0,1 bis 50%) vermag auch in völliger Dunkelheit zu keimen. Im allgemeinen nimmt die Dunkelkeimfähigkeit mit dem Alter der Samen ab, doch bestehen auch unter gleichaltrigen Samensorten diesbezüglich beträchtliche Unterschiede, die durch Standortsverhältnisse bedingt sein könnten (D und J, K und H).

3. Die Lichtwirkung hängt von der Quellungszeit ab. Manche Samensorten vermögen schon nach 30 Minuten langer Quellung auf Belichtung zu reagieren, andere, z. B. die D-Sorte, erst nach mehreren Stunden. Bei den meisten Sorten kann das Licht schon nach 12stündiger Quellung volle Wirkung ausüben, während dies bei den älteren Sorten erst nach längerer Quellung möglich wird.

4. Die Lichtempfindlichkeit genügend gequollener Samen ist ebenfalls bei verschiedenen Sorten recht verschieden. Die Sorte Ha kann bereits nach 30 Minuten langer Belichtung mit 200 H.K. voll auskeimen. Dagegen keimt D bei 12stündiger Belichtung mit 200 H.K. erst zu 65%. Eine Belichtung von 1 Sekunde mit 5 H.K. ermöglicht bei Ha annähernd 50% Keimungen gegenüber von rund 20% bei Dunkelkeimung, während D bei einer Belichtung von 1 Stunde mit 200 H.K. erst zu 5% zu keimen vermag. Im allgemeinen zeigen die jüngsten Sorten die größte Licht-

empfindlichkeit, doch bleiben unter den gleichaltrigen Sorten wohl infolge von Standortsverhältnissen D und J hinter den übrigen zurück. Das Lichtbedürfnis wird mit zunehmendem Samenalter größer. Interessant ist auch die Steigerung der Lichtempfindlichkeit sämtlicher Samensorten im Laufe der Versuchszeit.

II. Lichtwirkung und Sauerstoffentzug.

Wir wenden uns nunmehr, nachdem wir die allgemeinen Keimverhältnisse überprüft haben, zu unserem eigentlichen Problem, in welcher Weise der Sauerstoffentzug die Lichtwirkung zu modifizieren vermag.

1. *Schädigt das Evakuieren?*

Zunächst galt es festzustellen, ob die Samen durch das Evakuieren und längere Verweilen im evakuierten Raum geschädigt werden. Es ergab sich aus mehreren Versuchen, daß keine Schädigung eintrat, und daß sogar Samen, die 12 Tage im evakuierten Raum geweilt hatten, bei Zutritt von Licht und Luft noch voll auszukeimen vermochten. Im Vakuum selbst wurden weder bei Lichtzutritt noch im Dunkeln Keimungen beobachtet, weshalb *am Ende der Belichtung bei völliger Dunkelheit dem Sauerstoff wieder Zutritt zu den Samen gewährt* wurde.

2. *Wirkung des Lichtes im evakuierten Raum.*

Versuche in dieser Richtung wurden zunächst ausschließlich mit der D-Sorte gemacht, da diese im Dunkeln kaum keimte und erst nach längerer Quellung auf größere Belichtungen reagierte, also durch die kurzen Belichtungen während des Evakuierens nicht beeinflußt werden konnte. Die Vorquellung betrug im allgemeinen 24 Stunden und die Belichtung 48 Stunden. Am Ende der Belichtung wurden bei völliger Dunkelheit die Gefäße geöffnet und die Samen noch $2^1/_2$ Tage zur Keimung im abgedunkelten Thermostaten gelassen.

Da in diesen Versuchen die bereits besprochene Veränderung der Samen ebenfalls zum Ausdruck kam, habe ich in Tabelle 7 einmal die Versuche des Jahres 1925 zusammengefaßt und zum anderen die bei größerer Lichtempfindlichkeit 1926 ausgeführten. Weiterhin gebe ich in derselben Tabelle noch zwei Versuche mit anderen Samensorten wieder.

Betrachten wir zunächst die Versuche von 1925 mit der D-Sorte. Bei Evakuierung auf etwa 4—5 mm Luftdruck (nach Abzug der bei 30°C herrschenden Wasserdampftension) vermag das Licht noch 2—3% Keimungen auszulösen, während bei den Kontrollversuchen im Dunkeln die Keimung fast ganz unterbleibt.

Tabelle 7. *Wirkung des Lichtes im evakuierten Raum.*

Bei Versuch 16 und 17 dauerten sowohl Dunkelquellung als Belichtung je 24 Stunden. Sämtliche übrigen Versuche wurden 48 Stunden lang belichtet. Bei den in Klammern stehenden Zahlen erhielt die Luft zu früh Zutritt.

Versuche von 1925 *mit Sorte D.*

Versuch 13 vom 25. VIII. 25.				*Versuch 14* vom 3. IX. 25.				*Versuch 15* v. 11. IX. 25.				Durchschnitt (Versuch 13 bis 15).	
mm Druck	Keimprozente bei Belichtung		Dunkelheit	mm Druck	Keimprozente bei Belichtung		Dunkelheit	mm Druck	Keimprozente bei Belichtung			mm Druck	Keimprozente bei Belichtung
4	2	3	0	5	—	2	2	0	5	1	2	2	5	2
20	2	4	0	15	4	(92)	4	1	15	4	5	3	15	4
40	3	5	1	30	5	5	—	0	30	5	4	5	30	4,8
60	6	4	0	50	7	6	5	0	50	5	7	6	50	6
80	12	34	0	70	13	11	9	2	70	8	10	13	70	10,6
100	(88)	72	2	80	32	15	13	0	80	15	13	18	80	19
125	82	80	0	95	55	54	43	0	95	45	48	40	95	49
150	86	87	0	110	71	72	76	3	110	66	68	74	110	71,1
				130	79	83	81	0	130	78	79	83	130	80,5
				150	85	89	84	1	150	86	82	87	150	85,5

Versuche von 1926 *mit verschiedenen Samensorten.*

Versuch 16 vom 25. II. 26.					*Versuch 17* vom 13. II. 26.					Versuche:	18	19	20	Durchschnitt (Versuch 16, 18, 19 u. 20).	
mm Druck	Samensorten				mm Druck	Samensorten				vom:	9. I. 26	15. I.	30. I.	mm Druck	Samensorte D
	A	B	D	F		C	E	H	J	mm Druck	Samensorte D				
0,2	14	10	4	42	0,2	48	42	47	53	1,3	2	3	5	1,3	3
0,2	12	12	6	40	0,2	40	54	45	48	20	3	3	4	6	20	4,2
0,2	15	13	5	80)	0,2	42	41	46	46	40	4	3	8	10	40	7,2
0,2	13	11	7	38	0,2	43	43	40	53	60	(80)	22	18	18	60	14,4
20	19	13	5	(83)	20	48	51	56	52	90	65	64	64	52	90	61,2
40	16	14	11	38	40	48	56	59	57	120	74	76	74	84	120	76
60	20	14	15	39	60	56	55	57	54	150	87	86	86	87	150	84
80	19	15	39	51	80	60	57	63	58							
100	20	37	60	62	100	63	67	66	63							
120	22	45	72	68	120	70	74	72	76							
150	24	64	81	82	150	75	90	86	88							

Mit Erhöhung des Luftdrucks über 5 mm steigt die Lichtwirkung. Bei 150 mm Druck finden wir im Durchschnitt 85,5% Keimungen und haben damit den Höchstkeimprozentsatz der Sorte D erreicht. Das Licht vermag also hier beim Druck von etwa $^1/_5$ Atmosphäre schon seine volle Wirkung auszuüben.

Die im Jahre 1926 mit derselben Samensorte wiederholten Versuche bestätigen gemäß Versuch 16, 18, 19, 20 und den daraus berechneten Durchschnittswerten im Prinzip das oben mitgeteilte, wenn auch die Werte im Durchschnitt etwas höher sind, was ja zweifellos mit der durch die höhere Lichtempfindlichkeit zum Ausdruck gekommenen Veränderung der Samen zusammenhängt.

Hieran anschließend wollen wir nun das Verhalten einiger anderer Samensorten besprechen, die im Dunkeln ebenfalls nur geringe, wenn auch etwas höhere Keimprozente wie D hervorzubringen vermögen. Aus Versuch 16 und 17 geht hervor, daß bei 24stündiger Vorquellung,

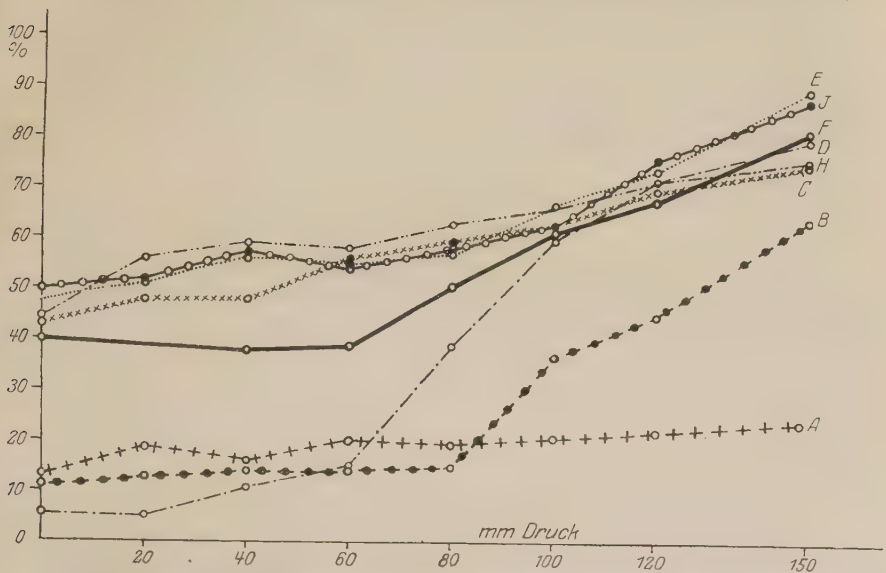

Abb. 8. Wirkung des Lichtes im verschieden weit evakuierten Raum auf mehrere Samensorten.

24stündiger Belichtung im luftverdünnten Raum und $2\,^1/_2$ Tagen Nachkeimung bei Luftzutritt und Dunkelheit das Licht auch bei weitestgehender Evakuierung (0,2 mm) noch einen recht beträchtlichen Einfluß auszuüben vermag. So sehen wir zum Beispiel bei den Sorten A und B bei 0,2 mm Druck noch 12—13% Keimungen zustande kommen, während die Sorten F—J sogar 40—50% Keimungen hervorbringen können. Mit steigenden Drucken steigt auch hier wie bei der Sorte D die Lichtwirkung an, allerdings bei den ältesten Sorten A und B ziemlich langsam und ohne bei 150 mm die Höchstkeimprozente zu ergeben. Die graphische Darstellung in Abb. 8 veranschaulicht diese Verhältnisse.

Aus Abb. 8 ersehen wir, daß die jüngeren Sorten dem Sauerstoff gegenüber unabhängiger sind als die älteren. Die gleich alten Sorten weisen dieselben Verschiedenheiten auf, wie in Abb. 6, S. 544; die Sorte F

zeigt niedrigere Werte wie C und E, D beginnt mit geringeren Keimprozenten wie A und B, überholt jedoch diese bald.

Aus diesen Versuchen folgt also:

1. Die keimungsauslösende Wirkung des Lichtes geht im luftverdünnten Raum zurück.

2. Bei einem Luftdruck von $^1/_5$ Atmosphäre besitzt das Licht noch volle Wirkung (ausgenommen die Sorten A und B).

3. Die Lichtwirkung verringert sich bei weiterer Abnahme des Luftdrucks ganz allmählich.

4. Selbst bei weitestgehender Evakuierung vermag das Licht bei manchen Sorten noch 40—50% Keimungen auszulösen.

Es fragt sich nun, ob diese Verminderung der Lichtwirkung nur durch den Sauerstoffentzug bedingt wird, oder ob die damit zusammenhängende Druckerniedrigung auch einen Einfluß hat.

3. *Wird die Lichtwirkung durch Druckverminderung oder Sauerstoffmangel gehemmt?*

Um diese Frage zu klären, wurden, wie wir schon bei Behandlung der Methodik berichteten, bei ganz entsprechenden Versuchsanordnungen die Druckunterschiede im Gefäß gegenüber der Atmosphäre durch Nachfüllen von indifferenten Gasen (Stickstoff bzw. Wasserstoff) ausgeglichen.

Diese Versuche mit geringer Sauerstofftension bei Atmosphärendruck, wozu ich nur die D-Sorte verwendete, führten zu den in Tabelle 8 zusammengestellten Ergebnissen.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß sowohl bei weitestgehender Evakuierung als auch bei stufenweise erhöhten Drucken, die Keimprozente in Gefäßen, die nur evakuiert worden waren, als auch in solchen, bei denen mittelst Nachfüllung indifferenter Gase Atmosphärendruck herrschte, bei gleich hohen Sauerstoffpartiärdrucken auch annähernd gleiche Größe erreichen. *Die Lichtwirkung ist also nur von der Sauerstofftension, nicht aber vom Druck abhängig.*

Zum besseren Vergleich mit den bei bloßer Evakuierung erhaltenen Werten habe ich diese und die Durchschnittswerte aus Versuch 21 und 22 in der folgenden Abb. 9 kurvenmäßig dargestellt.

Die Kurve *b* der Evakuierungswerte der Sorte D von 1926 und diejenige aus den Mittelwerten der Versuche, die bei verringerter Sauerstofftension und Atmosphärendruck ausgeführt worden waren (*a*), verlaufen bei niedrigsten Drucken annähernd gleich. Mit steigenden Drucken nehmen die in Gefäßen mit Atmosphärendruck erhaltenen Keimprozente etwas rascher zu, als die in Gefäßen mit Unterdruck erreichten, doch ist

Tabelle 8. *Wirkung des Lichts bei niedriger Sauerstofftension und Atmosphärendruck.*

Die Vorquellung betrug stets 24 Stunden, die Belichtung 48 Stunden und die Nachkeimung $2^1/_2$ Tage. Die eingeklammerten Keimungsergebnisse kamen in verletzten Gefäßen zustande. (Sämtliche Versuche wurden mit der D-Sorte ausgeführt.)

Versuch 21 vom 15. I. 26.

mm Luftdruck	Nur evakuiert	Wasserstoff nachgefüllt		Stickstoff nachgefüllt	
0,3	5	2	1	6	8
20	4	5	0	4	6
40	8	9	12	19	17
60	18	27	16	19	31
90	64	62	68	66	73
120	74	78	73	73	77
150	86	86	83	80	83

Versuch 22 vom 30. I. 26.

mm Luftdruck	Nur evakuiert	Wasserstoff nachgefüllt		Stickstoff nachgefüllt	
0,3	1	4	3	5	6
20	6	4	5	7	5
40	10	86	8	14	12
60	18	23	17	22	19
90	52	57	66	65	61
120	84	87	81	84	82
150	87	84	86	88	85

Vers. 23 v. 19. IX. 25.

mm Luftdruck	Stickstoff nachgefüllt			Durchschnitt
5	3	3	2	2,6
15	6	4	5	5
30	5	9	10	8
50	21	25	20	22
70	43	39	42	41,3
80	64	62	66	64
95	75	74	76	75
110	80	78	82	80
130	85	84	83	84
150	86	88	87	87

Durchschnitt aus Versuch 21 und 22 (ohne Berücksichtigung der Verschiedenheit der Nachfüllungsgase).

mm Luftdruck	0,3	20	40	60	90	120	150
Stickstoff bzw. Wasserstoff nachgefüllt	4,4	4,5	13	21,6	64,7	79,3	84,3

Versuch 24 vom 31. XII. 25.

mm Luftdr.	Nur evakuiert			Wasserstoff nachgefüllt			Stickstoff nachgefüllt		
5	5	9	(80)	(85)	2	9	10	13	6
50	4	11	10	11	6	3	12	10	10
80	(86)	74	60	62	(82)	65	73	59	54

der Unterschied so gering, daß man nicht von einer Wirkung des Druckes sprechen kann. Durch Ausführung einer größeren Anzahl von Versuchen hätte sich diese Differenz sicher noch verringern lassen, doch wurde dies nicht für notwendig gehalten, da aus den Versuchen deutlich hervorging, daß nur die Sauerstoffverminderung, nicht aber die Druckerniedrigung als solche hemmend einwirkte auf die keimungsauslösende Wirkung des Lichtes.

Die Kurve *c* beruht auf den Evakuierungswerten des Jahres 1925 und zeigt niedrigere Keimprozente wie *b* infolge der Veränderung der Samen (vgl. S. 540). Auf die zwei weiteren Kurven der Abb. 9 werde ich später zurückkommen.

4. *Welche Wirkung haben die bei weitestgehender Evakuierung noch zurückbleibenden Spuren von Sauerstoff?*

Wie schon im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, habe ich mich zur Prüfung des Sauerstoffeinflusses zunächst der D-Sorte bedient. Damit erhielt ich bei etwa 5 mm Druck noch 3—5% Keimungen (s. Abb. 9).

Es schien nicht undenkbar, daß dies durch die trotz weitgehendster Evakuierung noch im Gefäß zurückgebliebenen geringen Sauerstoffspuren ermöglicht wurde.

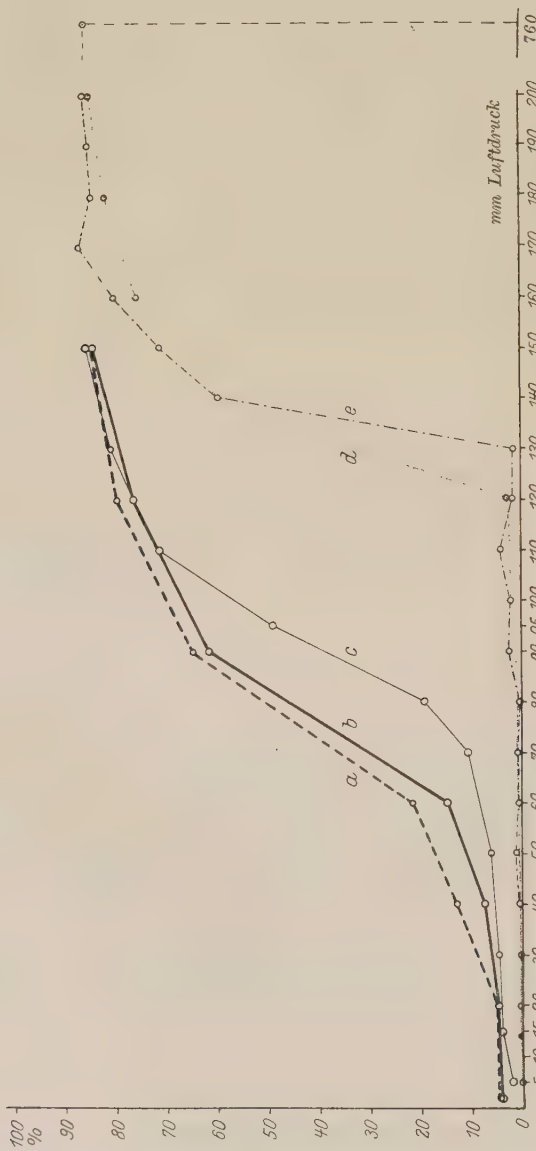

Abb. 9. Wirkung des Lichtes bei verschiedenen Sauerstofftensionen und verschieden langer Dunkelquellung.

Um diesen letzten Rest von Sauerstoff zu entfernen, wandte ich Pyrogallol und Natriumhyposulfit in der schon beschriebenen Weise an, doch erniedrigte sich dadurch das Keimprozent nicht. Ein weiteres Hilfs-

mittel zur Entfernung letzter Sauerstoffreste besaß ich in der Atmungstätigkeit der Samen. Dadurch mußte der Sauerstoff um so schneller und gründlicher verbraucht werden,

1. je kleiner das Volumen der Gefäße gewählt wurde,
2. je mehr die Zahl der atmenden Samen vergrößert wurde und
3. je länger die Atmungstätigkeit dauerte.

Die Versuchsergebnisse in Gefäßen mit dem halben Luftvolumen zeigten bei Evakuierung auf etwa 5 mm keinen Unterschied gegenüber solchen in doppelt so großen Gefäßen. Auch bei Erhöhung der Samenzahl auf das 2-, 3-, 4- und 6fache blieb die erwartete Wirkung aus. Das durchschnittliche Keimprozent war von gleicher Größe, die Zahl der Keimlinge also 2-, 3-, 4- und 6mal so hoch, als bei Verwendung von nur 100 Samen pro Gefäß. Daraus ging klar hervor, daß die bei weitestgehender Evakuierung etwa noch zurückgebliebenen geringen Sauerstoffspuren nicht die Ursache der Keimungen sein konnten, sondern daß diese in den Samen selbst begründet sein mußten.

Diese Folgerung wird weiterhin gestützt durch die Ergebnisse von Versuch 16 und 17, wozu verschiedene Samensorten verwendet wurden, die, wie auf Seite 549 berichtet, bei etwa 5 mm Druck noch zu 40—50% zu keimen vermochten, wofür ein Sauerstoffpartiärdruck von höchstens 1 mm um so weniger verantwortlich gemacht werden kann, als die Samen während der 24stündigen Dunkelquellung und ebenso langen Belichtung diesen stetig vermindern mußten.

Für letzteres sprechen auch die Versuche mit verlängertem Dunkelaufenthalt der Samen vor ihrer Belichtung. Solche wurden zunächst wieder angestellt mit der Sorte D, dann auch mit den übrigen Sorten. Wir wenden uns nun zur Besprechung dieser Versuche.

5. *Versuche mit verlängertem Dunkelaufenthalt der Samen.*

a) Versuche mit der Sorte D.

Die in der folgenden Tabelle 9 zusammengestellten Versuche unterscheiden sich von denen in Tabelle 7 in der Anordnung nur durch verlängerten Dunkelaufenthalt der Samen im evakuierten Raum. Ehe ich näher auf die Versuchsergebnisse eingehe, sei mitgeteilt, daß bei allen Versuchen die Samen selbst nach 14tägigem Dunkelaufenthalt im Vakuum bei darauffolgendem Zutritt von Luft und Licht noch voll auszukeimen vermochten.

Aus Versuch 26 ersehen wir, daß bei einer Dunkelquellung von 7 Tagen in Gefäßen, die auf 15 mm evakuiert worden waren, keine und bei 75 mm nur mehr 2% Keimungen eintraten. Bei einer Dunkelquellungsdauer von 9 Tagen (Versuch 27—29) vermögen in Gefäßen, die ursprünglich auf 60 mm evakuiert worden waren keine und bei solchen mit einem ursprünglichen Luftdruck bis zu 130 mm nur sehr wenige Samen zu keimen

Tabelle 9. *Wirkung des Lichtes nach verschieden langem Dunkelaufenthalt der Samen im evakuierten Raum*
(D-Sorte, Belichtung stets 48 Stunden. Nachkeimung $2^1/_2$ Tage.)

Versuch 25 vom 18. VIII. 25.			*Versuch 26* v. 25. VIII. 25.			*Versuch 27* vom 15. IX. 25.					*Versuch 28* vom 12. X. 25.					Durchschnittswerte v. Versuch *27, 28, 29.*	
mm Druck	14 Tage Dunkelquellung	Nachkeimung	mm Druck	7 Tage Dunkelquellung	Nachkeimung	mm Druck	9 Tage Dunkelquellung		Nachkeimung am Licht		mm Druck	9 Tage Dunkelquellung			Dunkelkontrolle	mm Druck	Keimung nach 9tägiger Dunkelquellung
5	0	82	5	—	—	20	0	0	81	80	5	0	0	0	0	5	0
15	0	78	15	0	77	40	1	0	84	82	30	0	1	0	0	20	0
45	0	86	45	2	80	60	0	0	84	80	60	0	2	1	0	30	0
75	0	82	75	2	78	80	0	0	85	81	80	2	2	1	1	40	0,3
150	63	—	150	84	—	100	0	0	78	85	100	3	4	2	3	60	0,6
735	89	—				120	3	1	83	86	120	3	5	4	1	80	0,9
						140	—	60	—	—	140	62	61	54	1	100	2
						160	69	73	—	—	160	73	76	79	1	120	2,7
						180	77	76	—	—	180	77	85	87	0	140	59,1
						200	84	—	—	—	200	83	85	84	1	160	75,7
											225	87	88	86	2	180	81,4
											250	87	86	88	2	200	84,6
											738	87	88	89	0		

Versuch 29 vom 30. X. 25.

mm Druck	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	2
Keimungen nach 9tägiger Dunkelquellung	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	3	5	1	2	56	77	80	86	81	84	8
	0	0	0	2	0	2	0	0	1	4	2	3	2	1	62	65	80	85	87	86	8

(1—5%). Dann steigt das Keimprozent sehr rasch an, und zwar bedeutend schneller, wie bei Evakuierungsversuchen mit in gleicher Weise abgestuften Drucken und 24stündiger Dunkelquellung. Versuch 29 und die Durchschnittswerte aus den Versuchen 27—29 wurden zum Vergleich mit den nach 24stündiger Vorquellung erhaltenen Werten in der schon erwähnten Abb. 9 (S. 552) graphisch dargestellt (Kurve *d* und *e*).

Man erkennt, daß bei 48stündiger Belichtung nach 9tägiger Dunkelquellung bei einem ursprünglichen Luftdruck von 130 mm noch etwa gleich viel Keimungen zustande kommen, wie bei 5 mm Druck und gleicher Belichtung nach 24stündiger Vorquellung (Kurven *a* bis *c*).

In den Versuchen 13 bis 20 hat sich nun aber gezeigt, daß gleiche Belichtung bei gleich hohen Drucken gleiche Keimung auslöst, und aus den Versuchen 21 bis 24 ergab sich weiterhin, daß dies nur durch die jeweils herrschende Sauerstofftension und nicht durch die Druckverminderung bewirkt wurde, daß also *gleiches Keimprozent durch gleiche Belichtung nur bei gleicher Sauerstofftension* ausgelöst wird.

Wenn wir nun in den Versuchen 27—29 in einem Gefäß mit einem ur-

sprünglichen Luftdruck von 120—130 mm nach 9tägiger Vorquellung unter sonst völlig gleichen Versuchsbedingungen gleich viel Keimungen erhalten, wie in einem Gefäß mit 5 mm Luftdruck nach 24tündiger Vorquellung, so darf wohl angenommen werden, daß die im ersten Gefäß ursprünglich vorhandene, größere Sauerstoffmenge, während der 9tägigen Dunkelquellung veratmet wurde auf den Betrag der im zweiten Gefäß bei 5 mm nach 24 stündiger Dunkelquellung eventuell noch anwesenden.

Da Samen aber um so stärker atmen, je weiter die Wasseraufnahme fortgeschritten ist, und dieser Prozeß in der Hauptsache nach etwa 12 Stunden vollzogen ist, so darf wohl weiter angenommen werden, daß die in einem Gefäß bei einem Luftdruck von 5 mm und einem Luftvolumen von 120 ccm vorhandene geringe Sauerstoffmenge durch die Atmungstätigkeit der eingeschlossenen 100 Samen während der 24tündigen Dunkelquellung ebenfalls verbraucht wurde. Die in solchen Gefäßen mehrfach beobachteten Keimungen von 2—3% wären dann eben *durch Lichtwirkung bei völliger Abwesenheit von freiem Sauerstoff zustande gekommen.*

Diese Annahme der Lichtwirkung im sauerstofffreien Raum würde noch weiter gestützt werden, wenn es gelänge nachzuweisen, daß die Atmungstätigkeit der *Lythrum*-Samen von der gleichen Größenordnung ist, wie diejenige anderer Samen, bei denen sie experimentell festgestellt wurde. Damit müssen wir uns deshalb begnügen, weil die Atmungstätigkeit von *Lythrum* selbst noch nicht untersucht worden ist. Wir wollen diese Frage jetzt kurz erörtern.

Die in einem Gefäß von 120 ccm Luftvolumen bei 30° C und einem Druck von 130 mm enthaltene Sauerstoffmenge von 24 ccm beträgt auf 0° C und 760 mm umgerechnet 3,7 ccm. Diese 3,7 ccm Sauerstoff müßten nach unserer Voraussetzung von 100 Samen mit einem Trockengewicht von 0,0058 Gramm in 9 Tagen vollkommen veratmet werden. Demnach müßte 1 Gramm lufttrockener *Lythrum*-Samen (D-Sorte) in einem Tage ungefähr 70,9 ccm Sauerstoff veratmen.

Nun teilt Kostytschew [(12), S. 455], von verschiedenen Autoren stammende Feststellungen über die Atmungstätigkeit pflanzlicher Objekte mit. Danach scheiden, bezogen auf 1 Gramm Trockengewicht, keimende Samen von *Sinapis nigra* bei 16° C in 24 Stunden 58,0 ccm Kohlendioxyd ab, *Lactuca sativa* unter gleichen Umständen 82,5 ccm und *Papaver somniferum* 122 ccm.

Wenn nun auch der Atmungsquotient fettreicher Samen von der Größe 1 mehr oder weniger abweicht, so dürfte aus dem Vergleich dieser Zahlen mit der von mir für *Lythrum salicaria* (D-Sorte) errechneten, täglich zu veratmenden Sauerstoffmenge von 70,9 ccm doch hervorgehen, daß die Atmungstätigkeit dieser Samen *von gleicher Größen-*

ordnung ist. Bestimmtgerichtete Versuche mit *Lythrum* wurden bislang noch nicht ausgeführt.

Werden in 9 Tagen demnach die einem Druck von $130:5 = 26$ mm entsprechenden Sauerstoffmengen veratmet, so werden sicherlich, da ja die Quellung nach etwa 12 Stunden schon vollendet ist, die bei weitestgehender Evakuierung noch verbleibenden Spuren von höchstens 1 mm Sauerstoffpartiärdruck schon innerhalb von 24 Stunden so weit verbraucht, als sie überhaupt von den Samen aufgenommen werden können. Die in solch weitgehend evakuierten Gefäßen trotzdem noch auftretenden Keimungen beruhen also auf der keimungsauslösenden Wirkung des Lichtes bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff.

b) Versuche mit den *Lythrum*-Sorten A—F, H und J.

Zur Feststellung des typischen Verhaltens der Samen von *Lythrum salicaria* bei Belichtung nach verschieden langem Dunkelaufenthalt im evakuierten Raum wurden nunmehr einige weitere Sorten von *Lythrum*-samen herangezogen und die Ergebnisse in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10. *Wirkung des Lichtes im evakuierten Raum bei verschieden langer Dunkelquellung.*

In Versuch 30 und 31 betrug die Dunkelquellung 6 Stunden, in 32 dagegen 68 Stunden. Die Belichtung dauerte bei diesen drei Versuchen stets 4 Stunden lang. Das Luftvolumen der Gefäße betrug bei Versuch 30—32, wozu nur die Sorte J verwendet wurde, stets 60 ccm, bei den übrigen Versuchen dagegen 120 ccm.

mm Druck	*Versuch 30* vom 29. XII. 25. Belichtet	Dunkelkontrolle	*Versuch 31* vom 8. I. 26. Belichtet	Dunkelkontrolle	*Versuch 32* vom 16. I. 26. Belichtet	Dunkelkontrolle
0,2	62	53	8	62	64	7	38	—	1
15	63	56	—	—	67	2	43	41	2
30	70	67	0	—	—	4	—	42	4
50	69	66	11	—	—	—	57	—	1
70	(82)	65	9	71	70	8	47	48	0
90	—	—	1	78	70	—	55	54	1
110	80	86	1	86	80	5	70	72	0
130	80	77	15	81	80	1	—	78	9
150	78	82	2	91	84	13	72	80	4

Versuch 33 vom 4. III. 26. Evakuierung auf etwa 1 mm, 5tägige Dunkelquellung, 24stündige Belichtung und $2^1/_2$ tägige Nachkeimung.

Sorte	A	B	C	D	E	F	H	J
Ergebnis	3	(93)	32	0	30	22	40	21
	3	2	35	0	35	24	37	27
	—	—	31	—	31	—	39	25
Durchschnitt	3	2	32,6	0	32	23	38,6	24,3

Versuch 34 vom 30. III. 26.

Belichtung nach Tagen	E	F	J
5	22	19	16
10	16	12	3
15	11	6	1

Evakuiert auf 0,2 mm, belichtet je 12 Stunden mit 200 H. K. Nachkeimung 5 Tage.

Wie wir aus Versuch 30 und 31 ersehen, keimt die Sorte J bei Evakuierung auf 0,2 mm nach 6stündiger Dunkelquellung und 4stündiger Belichtung mit 200 H.K. durchschnittlich zu 60% gegenüber 7,5% im Dunkeln in sonst völlig gleich behandelten Gefäßen. Bei 24stündiger Vorquellung und 24stündiger Belichtung ergab sich in Versuch 17 (S. 548)

bei 0,2 mm nur eine durchschnittliche Keimung von 50%. Bei 0,2 mm, 5 Tagen Vorquellung und 24 Stunden Belichtung sinkt das Keimprozent von J in Versuch 33 auf 24,3% im Durchschnitt und in Versuch 34 sogar auf 16% herab. Werden die Samen in auf 0,2 mm evakuierten Gefäßen erst nach 10tägigem Dunkelaufenthalt 12 Stunden lang mit 200 H.K. belichtet, so erhalten wir laut Versuch 34 am Ende der 5tägigen Nachkeimung noch 3% Keimungen, die nach 15tägiger Dunkelquellung bei dieser Sorte sogar auf 1% zurückgehen. *Das Licht vermag also um so weniger Keimungen auszulösen, je länger sich die Samen zur Dunkelquellung im sauerstofffreien Raum befanden.*

Ebenso macht sich, in gleicher Weise wie bei der D-Sorte, die Verlängerung des Dunkelaufenthalts bei Samen der Sorte J bemerkbar, die sich in Gefäßen mit stufenweise vermindertem Sauerstoffgehalt befanden. Während wir beispielsweise bei 15 mm Druck und 4 Stunden Dunkelquellung in Versuch 30 und 31 durchschnittlich 62% Keimungen erhalten, gehen diese bei Verlängerung der Dunkelquellung auf 68 Stunden unter sonst völlig gleichen Verhältnissen in Versuch 32 auf 42% zurück.

Für die übrigen Samensorten wurde der Einfluß verlängerter Dunkelquellung nur auf Samen in weitestgehend evakuierten Gefäßen geprüft. Der Versuch 33 zeigt diesbezüglich, daß sich die verschiedenen Samensorten hierin gerade so verhalten, wie in ihrer Lichtempfindlichkeit. Die jüngeren Sorten werden durch die auf 5 Tage verlängerte Dunkelquellung nur wenig beeinflußt gegenüber den älteren Sorten A und B. Während die Sorte C z. B. von 43% (in Versuch 17) auf 32,6% und E von 45% auf 32% sinkt, gehen bei A die Keimungen zurück von 13,5% auf 3% und bei B von 11,5% auf 2%. Die Sorten D und J bilden wieder Ausnahmen, indem sie relativ weit mehr gehemmt werden, als ihrem Alter entspräche. Bei weiterer Verlängerung der Dunkelquellung gehen die Keimprozente stärker zurück, bei 15tägiger Dunkelquellung und 12stündiger Belichtung in Versuch 34 z. B. bei E auf 11% und bei F auf 6%.

Alle Samensorten ergeben also um so geringere Keimprozente, je länger der Dunkelaufenthalt der Samen im Vakuum vor der Belichtung dauerte. Bei den jüngeren und keimkräftigeren Sorten, die ja bei etwa 0 mm Druck nach 24stündiger Vorquellung noch zu 40—50% zu keimen vermögen, nimmt jedoch das Keimprozent langsamer ab, wie bei D und den ältesten Sorten A und B.

Dieses Verhalten und die Verminderung der Lichtwirkung bei Sauerstoffentzug (s. S. 547—551) führen zu der Vermutung, daß die bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff dennoch zustandekommenden Keimungen durch Vorgänge bei der intramolekularen Atmung ermöglicht werden. Die Abnahme der Keimprozente bei Verlängerung des Dunkelaufenthalts der Samen im evakuierten Raum vor deren Belichtung dürfte demnach bedingt sein durch die Abnahme der intramolekularen Atmung.

Hier sind die Ergebnisse einer Arbeit von Fernandes (4) von Interesse, der 1923 die Atmungsverhältnisse von keimenden Erbsen untersuchte. Danach steigt die intramolekulare Atmung während der Quellung an bis zu einem Maximum, das längere Zeit beibehalten wird, um dann je nach der herrschenden Temperatur langsamer oder schneller zu fallen. Es wäre wünschenswert, diese Verhältnisse für *Lythrum* in ähnlicher Weise zu untersuchen und dabei gleichzeitig die Einwirkung des Lichtes zu studieren.

6. *Nachwirkung der Belichtung.*

Nachdem sich gezeigt hatte, daß das Licht auf Samen, die sich längere Zeit im Vakuum bei Dunkelheit befanden, immer geringer werdenden Einfluß auszuüben vermochte, je länger die Dunkelquellung dauerte, schien es geboten, festzustellen, ob die durch Belichtung hervorgerufene Veränderung der Samen bei weiterer Belassung im Vakuum in ähnlicher Weise rückgängig gemacht wurde. In der Tat zeigte sich in Versuch 35 und 36 der folgenden Tabelle 11 bei sämtlichen verwendeten Samensorten ein ähnlicher Rückgang der Keimprozente.

Tabelle 11. *Nachwirkung der Belichtung.*

Die Gefäße wurden auf annähernd 0 mm evakuiert. Dunkelquellung und Belichtung dauerten je 12 Stunden. Danach verblieben die Samen noch mehrere Tage im Vakuum. Die Nachkeimung bei Luftzutritt betrug bei Versuch 35 zwei und bei Versuch 36 fünf Tage.

Versuch 35 vom 16. 3. 26

Geöffnet nach Tagen	D	E	F	J
1	8	61	42	80
3	2	18	13	5
5	0	8	7	2
7	0	8	5	0
9	0	8	4	0

Versuch 36 vom 6. 4. 26.

Geöffnet nach Tagen	E	F	J
1	54	38	62
2,5	22	20	4
4	13	10	3
6	4	1	0

Um eine Übersicht über die Wirkung verlängerter Belassung der Samen im Vakuum nach beendeter Belichtung zu bekommen, wurde je ein Gefäß jeder Samensorte 1, 3, 5, 7 usw. Tage nach Versuchsbeginn bei völliger Dunkelheit geöffnet, und nach entsprechender Nachkeimungsdauer wurden die Keimungen ausgezählt. Dabei machte sich bei allen Samensorten ein um so größerer Rückgang der Keimprozente bemerkbar, je länger mit dem Öffnen der Gefäße gewartet wurde. Während nach eintägigem Aufenthalt die Sorte D zu 8% zu keimen vermochte und nach 3 Tagen noch zu 2%, keimt sie nach 5 tägigem Verweilen im evakuierten Raum überhaupt nicht mehr. Einen ähnlich schnellen Rückgang zeigt die Sorte J von 80 über 5 und 2% zu Keimungsunfähigkeit nach dem 7. Aufenthaltstag im Vakuum. Bei den Sorten E und F nimmt das

Keimprozent langsamer ab und ergibt z. B. bei E eine Differenz zwischen 61% und 6% bei F zwischen 42% und 4% nach eintägigem bzw. 9tägigem Verweilen im Vakuum und Dunkelheit.

Dauernd keimunfähig wurden die Samen dadurch aber nicht, sondern sie vermochten bei späterem Zutritt von Licht und Luft bei allen Samensorten in der Höhe der früher festgestellten Höchstkeimprozente auszukeimen.

Lichtwirkung auf Samen von Lythrum salicaria bei Sauerstoffentzug.

Zusammenfassend können wir feststellen:

1. Das Evakuieren der mit lufttrockenen Samen versehenen Gefäße schädigt nicht.

2. Nur die in den evakuierten Gefäßen herrschende Sauerstofftension hat Einfluß auf die Samen, nicht die Verminderung des Atmosphärendrucks.

3. Bei einem Luftdruck von $^1/_5$ Atmosphäre vermag das Licht bei fast allen verwendeten Samensorten noch volle Keimung auszulösen.

4. Beim Druck von weniger als $^1/_5$ Atmosphäre gehen trotz genügender Belichtung mit Abnahme der Sauerstofftension die Keimungen zurück. Manche Samen werden also nur bei Gegenwart freien Sauerstoffs durch das Licht beeinflußt.

5. Auch bei völliger Abwesenheit freien Sauerstoffs kann das Licht bei sämtlichen Samensorten noch keimungsauslösend wirken, allerdings bei verschiedenen Sorten in recht verschiedenem Maße.

6. Wird der Dunkelaufenthalt der Samen im evakuierten Raum verlängert, so verliert die darauf folgende Belichtung an Wirkung, und zwar bei den verschiedenen Samensorten verschieden rasch.

7. Die durch Belichtung zur Keimung befähigten Samen verlieren diese Eigenschaft wieder durch längeren an die Belichtung sich anschließenden Dunkelaufenthalt im evakuierten Raum.

B. Versuche mit Nicotiana tabacum.

Einleitung.

Die hohe Lichtempfindlichkeit von Tabaksamen ist schon seit langem bekannt. Raciborski berichtet 1900, daß Tabaksamen bereits auf minutenlange Belichtung hin reagieren, während Jensen (10) 1902 die Mitteilung macht, daß sie sogar schon auf sekundenlange Belichtung hin im Dunkeln keimen. Diese in einer seltenen Zeitschrift publizierte Arbeit blieb aber in der Keimungsliteratur zunächst unbemerkt. 1915 stellt Lehmann (15) von neuem einen Einfluß einer nur sekundenlangen Belichtung auf Tabaksamen fest und berichtet darüber in einem Referat über Honing (9). Zugleich weist er darin eine Ansicht von Gassner (6) zurück, welcher angibt, daß Tabaksamen im Licht und Dunkeln gleich

gut keimen. Lehmann führt dies auf kurze Belichtungen bei den von Gassner mehrmals vorgenommenen Revisionen zurück.

Bei Samen verschiedener Herkunft ist die Lichtempfindlichkeit recht verschieden, worauf Raciborski schon 1900 hingewiesen hat. Besonders hat sich dies aber in den eingehenden Untersuchungen von Honing 1916 gezeigt, der 51 verschiedene Tabaksorten untersuchte. Aus neuerer Zeit liegt eine Arbeit von Busse (2) vor, nach welcher einmal die Tabaksamen im Dunkeln ebensogut, teilweise sogar noch besser als im Licht keimen sollen, und zum andern die Verschiedenheiten der Samensorten für genotypisch bedingt erachtet werden.

Leider war aber die Methodik dieser Arbeit Busses völlig unzureichend. Schon der Umstand, daß er die im Dunkeln zur Keimung angesetzten Samen trotz der Feststellung von Jensen und Lehmann, daß schon sekundenlange Belichtung keimungsauslösend wirken kann, bei rotem Licht mehrmals revidierte, nimmt seinen Versuchen die Beweiskraft. Wir setzten diesbezüglich einige Kontrollversuche an, auf welche später eingegangen werden soll.

Durch die folgenden Untersuchungen sollte nun neben dem allgemeinen Keimverhalten in erster Linie wie bei *Lythrum salicaria* die Wirkung der Belichtung im sauerstofffreien Raum klargestellt werden. Es erschien erwünscht, der Sumpfpflanze *Lythrum* auch eine Pflanze trockenen Standorts an die Seite zu stellen.

I. Untersuchung des allgemeinen Keimverhaltens.

1. *Das Saatgut.*

Zur Verfügung standen zwölf Samensorten von *Nicotiana tabacum*. Die drei ersten des folgenden Verzeichnisses wurden im Jahr 1923 im Botanischen Garten in Tübingen geerntet. Die übrigen sind vor längerer Zeit von Haage & Schmidt in Erfurt bezogen worden. Die Bezeichnung der einzelnen Samensorten erfolgte zum Unterschied von den *Lythrum*-Sorten mit kleinen Buchstaben.

Tabelle 12. *Verzeichnis der Samensorten von Nicotiana tabacum.*

Nr.	Samensorten	Bezeichnung
1	Samsuntabak (2301)	a
2	Nicotiana rustica (2302) . . .	b
3	Platena Bagdsche Tabak (2305)	c
4	Bauerntabak	d
5	Brasiltabak	e
6	Cubatabak	f
7	Delhitabak	g
8	Havannatabak	h
9	Marylandtabak	i
10	Pfälzer Tabak	k
11	Salonikitabak	l
12	Ungarischer Muskateller Tabak	m

2. *Die Temperatur.*

Das Verhalten der Tabaksamen gegen verschiedene Temperaturen wurde nicht erneut geprüft, da aus der Arbeit von Honing (9) hervorging, daß die für *Lythrum salicaria* gewählte Temperatur von 30° C auch für Tabaksamen günstig war, wenn auch die optimale Keimungstemperatur für *Nicotiana tabacum* etwas niedriger angenommen wird (25—27° C).

3. *Keimdauer und Höchstkeimprozente.*

In erster Linie galt es nun festzustellen, in welchem Prozentsatz die verschiedenen Samensorten auszukeimen vermochten, bei einer Temperatur von 30° C und Dauerbelichtung mit etwa 120 H.K. im Rodewaldschen Keimapparat. Zu diesem Zwecke wurden zwei Versuche angesetzt und die Keimungen in 24stündigen Intervallen ausgezählt, so daß sich durch ihren Vergleich sowohl die Keimungsenergie der verschiedenen Samensorten erkennen läßt, als auch die zur Erreichung von Höchstkeimprozenten erforderliche Keimdauer. In der folgenden Tabelle 13 gebe ich einen solchen Versuch und die Durchschnittswerte aus beiden wieder.

Tabelle 13. *Ermittlung von Keimdauer und Höchstkeimprozenten.*

Keimung im Rodewaldschen Apparat bei 30° C und Dauerbelichtung mit etwa 120 H. K.

Versuch 37 vom 17. II. 26.

Keimung nach Tagen	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
1	0	55	0	68	0	0	0	0	0	0	0	0
2	93	18	92	13	0	0	0	40	0	0	34	58
3	0	8	2	1	64	62	67	36	57	0	23	17
4	0	8	3	0	8	10	5	3	4	8	5	0
5	0	4	1	2	0	2	2	2	3	4	2	0
6	0	2	0	1	2	2	0	1	1	0	1	1
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zusammen .	93	96	98	85	74	76	74	82	65	12	65	76
Durchschnittswerte aus 2 Versuchen												
Durchschnitt	95	93,5	98	88	73,5	76,5	77,5	83	71,5	14	65	78

Am raschesten keimen die Sorten *b* und *d*, mit über 50% in den ersten 24 Stunden. Darauf folgt ein täglicher Zuwachs, der sich mehr und mehr verkleinert, und der andauert bis zum siebenten Tage, an welchem die Versuche abgebrochen wurden, da keine wesentliche Änderung mehr erwartet werden konnte. Die Sorten a und c keimen innerhalb 24 Stunden noch nicht, doch genügen ihnen 48 Stunden zu annähernd voller Auskeimung. Alle übrigen Sorten mit Ausnahme von k, welche nur sehr be-

schränkte Keimfähigkeit zeigt, beginnen die Keimung am zweiten und hauptsächlich am dritten Tage. Am vierten und fünften Tage erhöhen sich die Keimprozente noch etwas, am sechsten Tage wird dieser Zuwachs recht gering und bleibt am siebenten bei den meisten Sorten ganz aus, nur b erhält noch einen solchen von 1%.

Aus diesem Verhalten ergibt sich also für *Nicotiana*-Samen bei einer Temperatur von 30° C eine Keimdauer von 5—6 Tagen. Die Höchstkeimprozente der Sorten a—d betragen etwa 90%, während die der übrigen zwischen 65 und 83% liegen. Die Sorte k keimt jedoch nur zu 14%.

4. *Die Dunkelkeimung.*

Nachdem die Höchstkeimprozente der verschiedenen Samensorten bei Dauerbelichtung und die dazu nötige Keimdauer ermittelt worden waren, war weiterhin festzustellen, welche Keimungen bei sonst gleicher Versuchsanordnung im Dunkeln zustande kommen konnten. Dabei wurden die Samen stets unter den bei *Lythrum salicaria* beschriebenen Vorsichtsmaßregeln bei blauem Licht ins Keimbett gebracht und die Keimungen naturgemäß erst am Ende jedes Versuchs ausgezählt. Von drei Versuchen mit je viermal 100 Samen von jeder Sorte gebe ich in Tabelle 14 einen wieder und die Durchschnittswerte aus sämtlichen Versuchen.

Tabelle 14. *Dunkelkeimung bei 30° C und sechs Tagen Keimdauer.*
Versuch 38 vom 2. III. 26.

	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
6	0	3	47	23	12	20	53	0	0	6	13
3	0	3	52	29	10	25	58	0	0	4	12
2	0	1	45	28	15	21	57	1	0	9	12
1	0	3	50	34	17	20	60	0	0	13	15
4	0	2,5	48,5	26	13,5	21,5	57	0,25	0	8	13
Durchschnittswerte, beruhend auf der Keimung von je 12 mal 100 Samen.											
3,5	0,08	1,92	46,2	29	14,2	25,6	63,2	0,3	0	9,58	18,8

Wie zu erwarten war, keimt die Sorte k, die es bei Dauerbelichtung innerhalb von 7 Tagen nur auf 14% brachte, im Dunkeln überhaupt nicht. Sie dürfte entweder eine andere Temperatur verlangen, oder, was wahrscheinlicher ist, nur mehr sehr beschränkte Keimfähigkeit besitzen. Durch sehr geringe Dunkelkeimung zeichnen sich die Sorten i und b, dann auch a und c aus, während die Sorten h und d und ebenso e und g im Dunkeln ganz beträchtlich zu keimen vermögen. Die Höhe der im Dunkeln zustande gekommenen Keimprozente schwankt zwischen 0% bei k und 63,2% bei h.

Alle geprüften Samensorten keimen jedoch im Gegensatz zu GASSNERS Befunden und denjenigen von BUSSE am Licht stets wesentlich besser als im Dunkeln. Auch die im Dunkeln zu durchschnittlich 63,2% und damit am höchsten keimende Sorte h ergibt unter denselben Keimungsbedingungen bei Dauerbelichtung 83% im Durchschnitt, wird also ebenfalls durch Licht gefördert.

Die Sorten d, e und h schieden wegen ihrer hohen Dunkelkeimfähigkeit und k wegen zu beschränkter Keimfähigkeit bei den Sauerstoffversuchen aus.

5. *Quellung der Samen.*

Analog zu den Versuchen mit *Lythrum* wurde auch für die *Nicotiana*-sorten festgelegt, nach welcher Quellungszeit die Belichtung sich voll auswirkte. Der Versuch 39 in Tabelle 15 zeigt den Einfluß verschieden langer Dunkelvorquellung bei Verwendung einer stets genau gleichen Lichtmenge von 15 Minuten mal 200 H.K. auf 8 *Nicotiana*-Sorten.

Tabelle 15. *Quellung der Samen.*
Einlegedauer $^1/_2$ Stunde, Nachkeimung im Dunkeln fünf Tage.
Versuch 39 vom 22. II. 26.

Quellungsstunden	a	b	c	f	g	i	l	m	Belichtung
1	47	19	34	47	59	3	46	51	$^1/_4$ Stunde
2	62	23	40	51	60	6	50	60	„
4	65	25	48	53	66	4	56	64	„
8	86	51	87	60	72	8	58	65	1 Stunde
8	66	29	88	53	61	7	61	62	$^1/_4$ Stunde
12	82	24	82	58	63	1	54	66	„
24	91	45	96	68	70	12	64	72	„
36	90	44	94	70	71	12	65	71	„
48	92	51	97	76	70	13	62	69	„
72	87	44	92	74	72	14	67	73	„

Es zeigt sich bei sämtlichen Samensorten, daß schon nach einer Stunde Quellungszeit, wozu allerdings noch 30 Minuten Einlegedauer gerechnet werden müssen, das Licht eine starke Wirkung ausübt. Nach 24stündiger Quellung hat die stets gleiche Lichtmenge annähernd maximale Wirkung. Zugleich läßt dieser Versuch schließen auf die relative Lichtempfindlichkeit der verschiedenen Samensorten. Am unempfindlichsten ist anscheinend die Sorte i, dann die Sorte b.

Interessant sind die Zahlen der besonders hervorgehobenen vierten Querreihe, deren Samen die vierfache Lichtmenge (1 *Stunde* mal 200 H.K.) zugeführt wurde. Es zeigt sich gegenüber der fünften Querreihe, die bei gleicher Quellungszeit nur $^1/_4$ Stunde lang mit 200 H.K. belichtet wurde, daß größere Lichtmengen schon bei unvollständiger

Quellung der Samen erhebliche Wirkungen hervorbringen können, daß aber andererseits kleinere Lichtmengen bei vollständig gequollenen Samen unter Umständen denselben Erfolg haben können, eine Tatsache, wie wir sie auch bei *Lythrum salicaria* feststellen konnten.

6. *Wirkung der Belichtungszeit.*

Obwohl der Versuch 39 schon gewisse Schlüsse auf die Lichtwirkung zuließ, schien doch ein spezieller Versuch über die Belichtungszeit wünschenswert. Dieser Versuch 40 der Tabelle 16 zeigt die Wirkung von Belichtungen von 1 Sekunde bis zu 2 Stunden bei einer gleichbleibenden Beleuchtungsstärke von 200 H.K. Zur Kontrolle werden die in der ersten Querreihe stehenden Samen nicht belichtet. Die dabei im Dunkeln zustande gekommenen Keimungen stimmen mit den früher erhaltenen überein.

Tabelle 16.

Wirkung der Belichtungszeit bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke von 200 H.K.
(Vorquellung 24 Stunden, Nachkeimung 5 Tage.)

Versuch 40 vom 2. III. 26.

Dunkelkeimung	3	0	2	12	25	0	7	18
Belichtungszeiten	a	b	c	f	g	i	l	m
1 Sekunde	69	11	84	50	64	2	46	61
5 Sekunden	72	10	81	53	62	3	45	61
15 Sekunden	74	13	85	56	66	5	48	66
30 Sekunden	78	19	88	56	63	2	53	68
1 Minute	81	28	91	63	66	8	54	69
5 Minuten.	84	35	92	66	73	11	59	70
15 Minuten.	90	44	95	70	69	10	59	74
1 Stunde	94	46	94	72	76	14	60	73
2 Stunden.	97	50	96	75	74	15	62	72

In bester Übereinstimmung mit den Angaben von Jensen und Lehmann zeigt Versuch 40 sehr deutlich die hohe keimungsauslösende Wirkung von kürzesten Belichtungszeiten. So genügt 1 Sekunde Belichtung mit 200 H.K., um bei der lichtempfindlichsten Sorte c 84% also annähernd vollständige Keimung zu veranlassen, während diese Sorte im Dunkeln nur zu etwa 2% zu keimen vermag. Auch alle übrigen Sorten, mit Ausnahme der schon im vorhergehenden Abschnitt als sehr lichtbedürftig bezeichneten i und b zeigen sich recht empfindlich. Daß als Ursache der geringen Keimung hier die ungenügende Versorgung mit Licht anzusprechen ist, dürfte daraus hervorgehen, daß die Keimprozente mit der Länge der Belichtung ansteigen, und daß bei Dauerbelichtung (s. Tab. 13) b zu 93,5% und i zu 71% zu keimen vermögen.

Bei allen Sorten außer i und b genügt somit schon eine 15 Minuten lange Belichtung mit 200 H.K. zur Auslösung maximaler Keimung, und

es zeigt sich auch hier, daß wie bei den empfindlichen *Lythrum*-Sorten schon sehr kurze Belichtungszeiten hinreichen zur Auslösung von hohen Keimprozenten, die sich nur durch sehr starke Verlängerung der Belichtungszeiten noch langsam erhöhen.

7. *Über die keimungsauslösende Wirkung von rotem Licht.*

Im Hinblick auf die Methodik der Arbeit von Busse wurden noch einige Versuche über den Einfluß roten Lichtes auf die Keimung von *Nicotiana*-Samen ausgeführt. Diese Versuche sollten nur zur Orientierung dienen, da zu gleicher Zeit Kommerell (11) im hiesigen Institut über den Einfluß der verschiedenen Spektralbezirke des Lichtes auf die Keimung lichtempfindlicher Samen arbeitete. Ich gebe hier aus Raumgründen nur einen Versuch wieder.

Tabelle 17. *Wirkung verschiedener Belichtungszeiten mit rotem Licht von 50 H.K.* (Vorquellung 24 Stunden, Nachkeimung 5 Tage.)

Versuch 41 vom 9. III. 26.

Belichtungszeit	a	b	c	f	l	m
1 Sekunde . . .	62	12	75	56	45	63
5 Sekunden . .	75	11	86	57	42	66
15 „ . .	73	12	85	56	45	67
30 „ . .	76	30	88	57	48	69
1 Minute . . .	78	35	90	59	51	70
Durchschnittliches Ergebnis bei Dunkelkeimung (Tab. 14)						
Dunkelkeimung .	3,5	0,08	1,92	14,2	9,58	18,8

Vergleichen wir die Ergebnisse dieses Versuchs 41 mit dem durchschnittlichen Ergebnis bei Dunkelkeimung (Tabelle 14), so zeigt sich sehr deutlich, daß alle Samensorten schon bei sekundenlanger Belichtung mit rotem Licht von 50 H.K. Beleuchtungsstärke bedeutend höhere Keimprozente ergeben, wie bei absoluter Dunkelkeimung.

Bei der Sorte c keimen beispielsweise auf diese Belichtung hin 75% gegenüber 1,9% im Dunkeln, bei a 62% gegenüber 3,5% und sogar die wenig lichtempfindliche Sorte b keimt daraufhin zu 12% gegenüber 0,08% im Dunkeln. Aber auch die Sorten, welche im Dunkeln schon gut keimen, werden durch das Licht noch gefördert. So keimt z. B. m nach einer Belichtung von 1 Sekunde mit rotem Licht von 50 H.K. zu 63% gegenüber 18,8% im Dunkeln.

Da demnach selbst sekundenlange Kontrollbelichtungen mit rotem Licht zur Auslösung beträchtlich hoher Keimprozente genügen, wird ersichtlich, daß die von Busse mit mehrfachen Kontrollen bei rotem Licht ausgeführten Versuche nicht stichhaltig sind. Daraus erklärt sich auch ohne weiteres die von Busse angeführte Tatsache, daß manche *Nicotiana*-Samen im Licht und Dunkeln gleich gut keimen. Seine

Schlußfolgerung, daß bei solchen Samen überhaupt kein Lichtbedürfnis vorhanden ist, ist demnach nicht zutreffend, was sich ohne weiteres gezeigt haben würde, wenn Busse auch nur einen Dunkelkeimungsversuch angestellt hätte, bei dem die Keimungen erst nach Versuchsende ausgezählt wurden. Der Einfluß der Kontrollbelichtung läßt sich in seiner Arbeit vielfach direkt verfolgen, beispielsweise bei Gundi und den Amersforter Absaaten, wo die Keimungen nach der ersten Kontrollbelichtung plötzlich hoch ansteigen. Aber auch die Mehrkeimungen im Dunkeln dürften ihre Erklärung durch die Kontrollbelichtungen finden im Hinblick auf Fassbenders (3) Versuche mit intermittierenden Belichtungen.

II. Lichtwirkung auf Nicotiana-Samen bei Sauerstoffentzug.

1. *Lichtwirkung im verschieden weit evakuierten Raum.*

Wir prüfen nunmehr das Verhalten der *Nicotiana*-Samen bei Belichtung im sauerstofffreien und sauerstoffarmen Raume. Die Versuchsanordnungen sind dabei ganz entsprechende wie bei *Lythrum salicaria*, nur wurde die Nachkeimung auf 5 Tage verlängert, in Berücksichtigung der Ergebnisse der Vorversuche. Aus den Versuchen 43 und 44 in Tabelle 18 ergibt sich zunächst, daß die angewandten Vorsichtsmaßregeln beim Evakuieren genügten, da in verschieden weit evakuierten Gefäßen bei den empfindlichsten Samensorten a und c im Dunkeln keine Keimungen auftraten (Versuch 42), oder doch nur 3% im Höchstfalle, was ja auch bei Dunkelkeimung und vollem Luftzutritt unter gleichen sonstigen Umständen vorkommen konnte.

Tabelle 18. *Lichtwirkung im evakuierten Raum.*
(Dunkelquellung 24 Stunden, Belichtung bei Versuch 42 zwei und bei Versuch 43 vier Stunden, Nachkeimung je 5 Tage.)

Versuch 42 vom 16. III. 26.

mm Druck	hell	dunkel	
	a	a	c
etwa 0	22	2	0
„ 0	23	—	—
20	29	0	2
40	33	—	—
60	39	3	0
80	65	—	—
100	76	0	0
120	80	—	—
150	88	2	1
200	91	—	—

Versuch 43 vom 30. III. 26.

mm Druck	a	b	c
etwa 0	18	7	4
30	26	11	5
60	51	12	8
90	70	28	11
120	88	30	28
150	92	32	42
200	97	38	85
300	96	—	92

Auf die 2stündige Belichtung im verschieden weit evakuierten Raum hin, finden wir eine ähnliche Abstufung der Keimprozente, wie bei den

Lythrum-Sorten. Bei annähernd 0 mm Druck vermag das Licht immerhin noch 22% der Samen zur Keimung zu bringen. Die Keimprozente steigen dann mit zunehmenden Drucken an und erreichen bei 200 mm nahezu den Höchstkeimprozentsatz. Der Versuch 43 bestätigt das für die a-Sorte Ausgeführte. Das Licht scheint bei den a-Samen schon bei 150 mm Höchstkeimung bewirken zu können. Die Sorte c ergibt bei niedrigen Drucken wesentlich geringere Werte wie a, bei etwa 0 mm beispielsweise nur 4%, bei 150 mm 42%, bei 300 mm dagegen auch volle Auskeimung. Sie ist also wohl etwas sauerstoffbedürftiger wie a. Die wenig lichtempfindliche Sorte b keimt bei etwa 0 mm zu 7% und ergibt mit steigenden Drucken ebenfalls höhere Werte, aber auch bei 200 mm nur 38%, was einesteils sicherlich durch die ungenügende Belichtung von 4 Stunden Dauer (siehe Versuch 40), andererseits vielleicht auch durch höhere Sauerstoffbedürftigkeit verursacht sein mag.

Bei allen drei *Nicotiana*-Sorten erweist sich also in ähnlicher Weise wie bei *Lythrum salicaria* die Lichtwirkung abhängig von den in den Gefäßen herrschenden Luftdrucken. Die Verschiedenheiten gegenüber *Lythrum* sind nur quantitativer Art. Aus der Ähnlichkeit des Verhaltens der Samen von *Nicotiana* und *Lythrum* gegen die Lichtwirkung im evakuierten Raum darf wohl geschlossen werden, daß auch bei *Nicotiana* nur die Sauerstofftension wirksam ist und nicht der Druck als solcher. Versuche darüber wurden nicht angestellt, auch unterließ ich die bei *Lythrum* negativ verlaufenen Versuche mit Vergrößerung der Samenzahl, Verringerung des Gefäßvolumens und die Anwendung chemischer Mittel zur Entfernung der eventuell bei der Evakuierung noch zurückgebliebenen Sauerstoffspuren.

2. *Einfluß verlängerten Dunkelaufenthalts vor der Belichtung.*

Für die gleichen Samensorten a, b und c wurde nun auch der Einfluß verlängerten Dunkelaufenthalts vor der Belichtung festgestellt. Nach je 5, 10 und 15tägiger Dunkelquellung bei etwa 0 mm Druck, wurden diese Samen 12 Stunden lang mit 200 H.K. belichtet und verblieben nach Öffnung der Gefäße noch 5 Tage lang zur Keimung im abgedunkelten Thermostaten. Der nebenstehende Versuch 44 zeigt, daß schon nach 5tägigem Dunkelaufenthalt im Vakuum a und c nur mehr zu 1%, b dagegen überhaupt nicht mehr zu keimen vermag. Ein Gefäß mit a-Samen, das undicht geworden war, enthielt nach 10tägiger Dunkelquellung 94 Keimlinge, während von den Sorten b und c in unverletzten Gefäßen nichts mehr gekeimt war. Nach 15 Tagen Vorquellungsdauer konnte das Licht bei allen drei Sorten keine Keimungen mehr

Versuch 44 vom 30. IV. 26.

Dunkelaufenthalt in Tagen	a	b	c
5	1	0	1
10	(94)	0	0
15	0	0	0

auslösen. Die Samen waren dadurch aber nicht keimunfähig geworden, sondern keimten nachträglich bei Licht- und Luftzutritt voll aus.

Auch hierin verhalten sich also die *Nicotiana*-Samen prinzipiell wie die von *Lythrum*.

3. *Nachwirkung der Belichtung.*

Auf Grund des in den vorhergehenden Abschnitten geschilderten Verhaltens der *Nicotiana*-Sorten war zu erwarten, daß die im Vakuum belichteten *Nicotiana*-Samen bei darauffolgendem längerem Dunkelaufenthalt im geschlossenen Gefäß sich ebenfalls ähnlich verhalten würden, wie die von *Lythrum*. In der Tat ergab Versuch 45 für die *Nicotiana*-Sorten a, b und c bei 12stündiger Dunkelquellung, in auf etwa 0 mm evakuierten Gefäßen und darauffolgender Belichtung von 12 Stunden mit 200 H.K., wenn die Gefäße nach Beendigung der Belichtung sofort geöffnet wurden, nach 5tägiger Nachkeimung im verdunkelten Thermostaten für a = 24%, b = 10% und c = 7% Keimungen. Diese Prozentsätze gingen auf 3, 3 und 1 zurück, wenn die Öffnung der Gefäße erst $1\,^1/_2$ Tage nach Beendigung der Belichtung (oder $2\,^1/_2$ Tage nach Versuchsbeginn) erfolgte. Erhielt die Luft erst vier Tage nach Versuchsbeginn Zutritt zu den belichteten Samen, so betrugen die Keimungen nur mehr 2, 0 und 0% und nach sechs Tagen 0, 1 und 0%.

Versuch 45 vom 6. IV. 26.

Geöffnet nach Tagen	a	b	c
1	24	10	7
$2^1/_2$	3	3	1
4	2	0	0
6	0	1	0

Die durch das Licht bewirkte Veränderung der Samen wird also wieder rückgängig gemacht, wenn die Samen nach der Belichtung noch längere Zeit im Vakuum und Dunkelheit verbleiben. Dauernde Keimungsunfähigkeit der Samen trat dadurch aber nicht ein, sondern diese keimten später bei Zutritt von Licht und Luft vollkommen aus.

4. *Zusammenfassung und Vergleich mit Lythrum.*

Sowohl im allgemeinen Keimverhalten, wie auch in den Beziehungen zum Sauerstoff verhielten sich die Samen von *Nicotiana tabacum* und die von *Lythrum salicaria* qualitativ vollkommen gleich. In quantitativer Hinsicht ergaben sich natürlich gewisse Verschiedenheiten. Um über die Ursache der bei den drei geprüften *Nicotiana*-Sorten gegenüber den meisten *Lythrum*-Sorten (mit Ausnahme von D) festgestellten geringeren Wirkung des Lichtes im sauerstofffreien Raum, sowie der rascheren Erniedrigung der Keimprozente bei Verlängerung des Aufenthalts im Dunkeln vor der Belichtung und schließlich der geringeren Nachwirkung des Lichtes bei längerer Belassung der Samen im Vakuum und Dunkelheit, etwas aussagen zu können, müßten zahlreiche Versuche mit Samensorten beider Arten ausgeführt werden, die an gleichem Standort erzogen

und auch sonst völlig gleich behandelt worden sein müßten. Unter Umständen könnten auch anatomische und chemische Untersuchungen der Samen weitere Aufschlüsse ergeben.

Über das Wesen der Lichtwirkung und deren Abhängigkeit vom Sauerstoff.

Nachdem wir für *Lythrum salicaria* festgestellt haben, daß Sauerstoffentzug die Lichtwirkung zu modifizieren vermag, und nachdem sich gezeigt hat, daß bei *Nicotiana tabacum* dieselben grundsätzlichen Beziehungen vorliegen, ist es unsere weitere Aufgabe, die Frage zu klären zu suchen, in welcher Weise wohl diese modifizierende Wirkung zustande kommt.

Dies ist um so schwieriger, als das Wesen der Lichtwirkung noch ungeklärt ist, wenn auch schon diesbezügliche Vermutungen geäußert wurden. So nimmt Gassner an, daß in erster Linie die Samenschale durch das Licht so verändert werde, daß dadurch die Keimung möglich wird. Lehmann vermutet dagegen als Hauptursache Einwirkung des Lichtes auf das Endosperm oder den Embryo selbst.

Die Samenschale spielt zweifellos eine Rolle in bezug auf die Quellung der Samen und die Vorgänge der Diffusion von Stoffen (Säuren, Enzymen, usw., auch Sauerstoff und Kohlendioxyd) in den Samen hinein und aus ihm heraus. Auch die Lichtempfindlichkeit der Samen wird sicherlich durch Farbe und Dicke der Samenschale weitgehend verändert.

In letzterer Beziehung haben die Untersuchungen von Kommerell (11) ergeben, daß bei Verwendung von Licht in der Farbe der Samenschale, welches also größtenteils absorbiert wird, nur geringe Keimungen zustande kommen. Da ferner das durch die Samenschale hindurchdringende Licht quantenmäßig wirkt, zieht Kommerell den Schluß, daß nur das durch die Samenschale hindurchdringende Licht keimungsauslösend wirkt, und zwar vermutlich in photochemischer Weise, worauf die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen der in die Samen eintretenden Energiemenge und den dadurch bewirkten Keimungen hindeuten.

Betrachten wir nunmehr den Einfluß des Sauerstoffs auf die Lichtwirkung, so lassen sich mehrere Stufen unterscheiden.

1. Bei einem Sauerstoffgehalt wie dem der atmosphärischen Luft bis herunter zu einer annähernd fünfmal geringeren Tension, wird die Lichtwirkung nicht gehemmt.

2. Eine weitere Verminderung des Sauerstoffpartiärdrucks drückt das Keimprozent herab auf eine von der Samensorte abhängige Größe.

3. Während des Dunkelaufenthalts vor der Belichtung vermindert sich der Sauerstoffgehalt der abgeschlossenen Gefäße infolge der Atmungstätigkeit der Samen. Es darf angenommen werden, daß selbst die bei weitestgehender Evakuierung noch zurückbleibenden Sauerstoff-

spuren auf diese Weise so weit beseitigt werden, als sie überhaupt ins Sameninnere einzudringen vermögen. Trotzdem können sämtliche Samensorten (bei völliger Abwesenheit von freiem Sauerstoff) noch bis zu 50% auf Belichtung reagieren, und zwar übertreffen die jüngeren Sorten die älteren hierin ganz beträchtlich.

4. Wird die Belichtung erst nach sehr langem Dunkelaufenthalt in weitestgehend evakuierten Gefäßen vorgenommen, so ergibt sich eine um so geringere Wirkung, je länger die Dunkelquellung andauerte. Schließlich wirkt das Licht bei derartig behandelten Samen nicht mehr keimungsauslösend, obwohl die Samen bei Zutritt von Licht und Luft noch voll auszukeimen vermögen, demnach also durch den langen Aufenthalt im Vakuum keine Schädigung erlitten haben.

5. Endlich ist noch von Wichtigkeit, daß die durch Belichtung zur Keimung befähigten Samen durch weiteren Dunkelaufenthalt im Vakuum diese Eigenschaft wieder verlieren, aber trotzdem bei späterem Zutritt von Luft und Licht voll auszukeimen vermögen.

Nach dem S. 555 u. f. Ausgeführten scheint die Lichtwirkung abhängig zu sein von der Atmungstätigkeit der Samen, und zwar sowohl von der normalen als auch von der intramolekularen Atmung. Eingehende Untersuchungen mit Messung des aufgenommenen Sauerstoffs und der abgegebenen Kohlensäure, über den Anstieg der Atmung mit der Quellung und das Abflauen der intramolekularen Atmung bei verschiedenen Temperaturen dürften bei gleichzeitigem Studium der Lichtwirkung weitere Aufschlüsse liefern.

Wie Kommerell komme auch ich zu dem Schluß, daß die Keimungsauslösung durch Belichtung auf einem photochemischen Prozeß beruht, und zwar wäre es vielleicht möglich, daß das Licht auf ein bestimmtes Produkt des Atmungsstoffwechsels einwirkt, welches dadurch derart umgewandelt wird, daß es auch im Dunkeln bei Sauerstoffgegenwart und dadurch möglichem genügend hohem Energiegewinn vermittelst normaler Atmung die eingeleitete Keimung fortzuführen vermag.

Die Versuche über Belichtung nach sehr langem Dunkelaufenthalt der Samen im evakuierten Raum ließen erkennen, daß bei genügend langer intramolekularer Atmungstätigkeit die Samen so verändert werden, daß sie nicht mehr auf Belichtung reagieren können, obwohl sie bei späterem Zutritt von Luft und Licht noch voll auszukeimen vermögen. Es darf daraus wohl geschlossen werden, daß die bei der intramolekularen Atmung entstehenden Stoffwechselprodukte die photochemische Wirkung des Lichtes unmöglich machen, und daß auch die durch Belichtung erfolgte Keimbefähigung der Samen durch die Vorgänge bei der intramolekularen Atmung wieder rückgängig gemacht werden kann.

Hier ist auch eine Beobachtung von Gassner (1915) an Samen von

Ranunculus sceleratus von Interesse. Wurden diese Samen nach der Belichtung im Keimbett getrocknet, so zeigte sich noch nach mehreren Wochen bei Dunkelkeimung die erhaltene Belichtung in voller Schärfe. Ebenso hat nach mündlicher Mitteilung Herr Professor Lehmann *Epilobium*-Samen bei 20° C belichtet und im Dunkeln bei niederen Temperaturen, die keine Keimung gestatteten, längere Zeit aufbewahrt. Sowie die Temperatur auf die zur Keimung nötige Höhe gebracht wurde, vermochten die sonst nur im Licht keimenden Samen auch im Dunkeln vollkommen auszukeimen.

In beiden Fällen hatte hier der Luftsauerstoff stets vollen Zutritt. Außerdem war ja die Atmung, wenn die Samen wieder getrocknet waren, bzw. bei niederen Temperaturen gehalten wurden, recht gering. So konnte sich hier die durch Belichtung infolge photochemischer Umwandlung bewirkte Keimbefähigung der Samen erhalten, während sie in meinen Versuchen bei längerer Dauer der intramolekularen Atmung wieder verloren ging.

Die Annahme einer Nachwirkung des Lichtes auf Grund einer photochemischen Reaktion, die durch gewisse Atmungsvorgänge, vermutlich durch Reduktion, wieder rückgängig gemacht werden kann, ermöglicht nun auch Vorstellungen über das Zustandekommen von vereinzelten Dunkelkeimungen solcher Samenarten, die im allgemeinen erst nach Belichtung im Keimbett auszukeimen vermögen. Man braucht nur anzunehmen, daß bei solchen Samen jene photochemische Reaktion schon durch Lichtwirkung *vor* Beginn der Dunkelkeimung stattgefunden hat.

Es ist sehr leicht möglich, daß gelegentlich Regen- oder Tautropfen in manche Samenkapseln eindringen, daß die darin befindlichen Samen das Wasser aufnehmen, und dadurch für Belichtung empfänglich werden. Infolge zu früher Verdunstung des Wassers kann dann aber keine Keimung eintreten, obwohl die photochemische, keimungsermöglichende Reaktion bereits stattgefunden hat. Die relativ sehr hohen Dunkelkeimungen der *Lythrum*-Sorte K, die an sehr feuchtem und schattigem Standort erwuchs, oder auch der *Lythrum*-Sorte G, die aus dem herbstregenreichen Jahre 1924 stammt, dürften hierauf zurückzuführen sein.

Aus der Tatsache, daß gerade die jüngeren Samensorten im Dunkeln die höchsten Keimungen ergeben, während diese mit zunehmendem Samenalter abnehmen, obwohl sämtliche Sorten am Licht noch zu 85 bis 100% zu keimen vermögen, darf geschlossen werden, daß die von Gassner und Lehmann beobachtete Nachwirkung des Lichtes sich nicht nur auf Wochen und Monate, sondern auf Jahre erstrecken kann.

Eine Überprüfung dieser Fragen, sowie des Einflusses, den der Standort der Mutterpflanzen, die Reifungsverhältnisse und die Lagerung der Samen ausüben, dürfte Weiteres zur Klärung des Problems der Lichtkeimung beitragen.

Zum Schluß sei es mir gestattet, auch hier Herrn Professor Dr. E. Lehmann herzlichst zu danken für die Überlassung des Themas und die weitgehende Unterstützung durch Rat und Tat während der Ausführung dieser Arbeit; vor allem auch für die Zuweisung von zwei Dunkelzimmern und reichlichen Versuchsmaterialien.

Weiterhin fühle ich mich auch den Herren Assistenten des Instituts, Herrn Privatdozent Dr. J. Schwemmle und Herrn Privatdozent Dr. W. Zimmermann für erhaltene Anregungen und Unterstützung zu Dank verpflichtet.

Literaturverzeichnis.

1. **Binder u. Weinland:** Über eine neue, scharfe Reaktion auf elementaren Sauerstoff. Ber. d. dtsch. chem. Ges. **46** (I), 255—259. 1913. — 2. **Busse, W.:** Die Keimung des Tabaksamens in ihren Beziehungen zum Licht. Zeitschr. f. Botanik **18**, 65—97. 1925. — 3. **Faßbender, P.:** Lichtkeimung und Säuresubstrat. Beih. z. botan. Zentralbl. **41**, 239—286. 1925. — 4. **Fernandes, D. S.:** Aerobe und anaerobe Atmung bei Keimlingen von *Pisum sativum*. Recueils des travaux botan. néerland. **20**, 107—256. 1923. — 5. **Gassner, G.:** Untersuchungen über die Wirkungen des Lichtes und des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata*. Jahrb. d. Hamburger wiss. Anstalten **29**. 1911. — 6. Ders.: Über die keimungsauslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen. Jahrb. f. wiss. Botanik **55**, 259—432. 1915. — 7. **Grafe, V.:** Ernährungsphysiologie 1914. — 8. **Hempel:** Neue Methoden zur Analyse der Gase. — 9. **Honing, J. A.:** Der Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen verschiedener Varietäten von *Nicotiana Tabacum*. Bull. Delhiproefstation Medan **7**. 1916. — 10. **Jensen, Hj.:** Verslag van het Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak 1901 und 1902 in Mededeel. v. h. Proefstation v. Vorst. Tabak Nr. 5, 137. — 11. **Kommerell, E.:** Quantitative Versuche über den Einfluß des Lichtes verschiedener Wellenlängen auf die Keimung von Samen. Jahrb. f. wiss. Botanik **66**, H. 3, 461—512. 1927. — 12. **Kostytschew, S.:** Lehrbuch der Pflanzenphysiologie 1926. — 13. **Landolt-Börnstein:** Physikalisch-chemische Tabellen. 4. Aufl. 1912. — 14. **Lehmann, E.:** Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur. Zeitschr. f. Botanik **4**, 465—529. 1912. — 15. Ders.: Referat über Honing. Ebenda **7**, 363/364. 1915. — 16. Ders.: Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von *Lythrum salicaria* auslöst. Ber. d. dtsch. botan. Ges. **36**, 157. 1918. — 17. **Lehmann, E. u. Rao, L.:** Über die Gültigkeit des Produktgesetzes bei der Lichtkeimung von *Lythrum sal.* Ebenda **42**, 65—69. 1924. — 18. **Raciborski, M.:** Über die Keimung der Tabaksamen. Bull. de l'inst. botan. de Buitenzorg 1900. Nr. 6. — 19. **Rao, L.:** Quantitative Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung von *Lythrum sal.* Jahrb. f. wiss. Botanik **64** (2), 249—280. 1925.

Lebenslauf.

Am 30. Dezember 1899 wurde ich, Karl Friedrich Georg Wieser als Sohn des Landwirts Georg Wieser und seiner Ehefrau Lina, geb. Klein, zu Beuerlbach O./A. Crailsheim in Württemberg, geboren. Mit 7 Jahren besuchte ich die Volksschule und später die Realschule in Crailsheim, die ich 1915 mit dem Zeugnis der mittleren Reife verließ. Vom Oktober 1915 bis Juni 1917 befand ich mich im Lehrerseminar Lichtenstern. Ende Juni 1917 wurde ich zum Heeresdienst einberufen und als Infanterist u. M. G. Schütze ausgebildet. Am 12. Juli 1918 traf ich beim I. R. 126 an der Westfront ein und am 25. August desselben Jahres geriet ich in englische Kriegsgefangenschaft, aus welcher ich am 29. September 1919 wieder zurückkehrte. Anfangs Oktober 1919 trat ich in das Lehrerseminar Künzelsau ein und bestand dort am 19. Dezember d. J. die erste Staatsprüfung für Verwendung im Volksschuldienst. Vom 9. Januar 1920 bis 31. Dezember 1921 war ich im Volksschuldienst tätig. Im März 1922 bestand ich die für Volksschullehrer vorgesehene Ergänzungsprüfung und erhielt damit das Reifezeugnis der Oberrealschule in Schwäbisch-Hall. Von Ostern 1922—1926 war ich in Tübingen als ordentlicher Studierender der Naturwissenschaften immatrikuliert. Meine Doktorarbeit begann ich im Sommersemester 1925 unter Leitung des Herrn Professor Dr. Ernst Lehmann und am 16. Dezember 1926 wurde ich von der Naturwissenschaftlichen Fakultät zum Dr. rer. nat. promoviert.

Gedruckt mit Genehmigung der naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Tübingen

Referent: Professor Dr. E. Lehmann

16. Dezember 1926.